

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1938

THÈSE

N° 349

pour le

DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

par

LE CROM-HUBERT Yves, Pierre, Paul, Marie

Né le 16 Juillet 1910, à Lumes (Ardennes)

A PROPOS D'UN CAS DE PRÉTENDUE TRICHROMASIE ANOMALE

**Le Type Rayleigh
ne contient que la Variété Balfour**

*“ Il est nécessaire d'abandonner les conceptions
généralement admises sur la vision normale et anormale des couleurs.”*

Président : Monsieur F. TERRIEN, Professeur

Librairie L. RODSTEIN

17, rue Cujas, PARIS (V)

1938

Année 1938

THÈSE

N°

pour le

ERRATA

- Page 16, ligne 8 — Au lieu de *rouge vert et bleu*, lire : **rouge, jaune et bleu.**
- Page 42. — Avant-dernière ligne, au lieu de *Koenig*, lire : **Von Kries.**
- Page 44. — Ligne 9, au lieu de *617*, lire : **517.**
- Page 48. — Ligne 29, au lieu de *se*, lire : **ce.**
- Page 60. — Remplacer les 3°, 4°, 5° et 6° lignes par :
- Lorsqu'il y a déplacement du maximum lumineux sans extension des zones unitonales, on a le type Rayleigh.
- Lorsqu'il y a déplacement du maximum lumineux avec extension des régions unitonales, on observe le daltonisme du type Nagel, si le déplacement est vers le rouge, ou du type Dalton si le déplacement est vers le violet.

Président : Monsieur F. TERRIEN, Professeur

Librairie L. RODSTEIN

17, rue Cujas, PARIS (V°)

1938

LE DOYEN : TIFFENEAU

I. - Professeurs

	MM.
Anatomie	ROUVIERE
Physiologie	Léon BINET
Physique médicale	STROHL
Chimie médicale	POLANOVSKI
Bactériologie	Robert DEBRE
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT
Pathologie médicale et générale	BAUDOIN
Pathologie médicale	ABRAMI
Pathologie chirurgicale	CHEVASSU
Anatomie pathologique	
Histologie	CHAMPY
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU
Thérapeutique	HARVIER
Hygiène et médecine préventive	TANON
Médecine légale	BALTHAZARD
Histoire de la médecine et de la chirurgie	LAIGNEL-LAVASTINE
Pathologie expérimentale et comparée	FIESSINGER
Hydrologie thérapeutique et climatologie	Maurice VILLARET
	LOEPER
Clinique médicale	CARNOT
	CLERC
	Marcel LABBE
Hygiène et clinique de la première enfance	LEREBoullet
Clinique des maladies des enfants	NOBECOURT
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	H. CLAUDE
Clinique des maladies du système nerveux	GOUGEROT
Clinique des maladies infectieuses	
Clinique chirurgicale	LEMIERRE
	CUNEO
	GOSSET
	GREGOIRE
	LENOMANT
Clinique ophtalmologique	TERRIEN
Clinique urologique	MARION
	BRINDEAU
Clinique d'accouchements	COUVELAIRE
	JEANNIN
Clinique gynécologique	MOCQUOT
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBREDANNE
Clinique thérapeutique médicale	RATHERY
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE
Clinique thérapeutique chirurgicale	Pierre DUVAL
Clinique propédeutique	SERGENT
Clinique de la Tuberculose	BEZANÇON
Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte	MATHIEU
Cardiologie clinique	LAUBRY
	HOVELACQUE
Professeurs sans chaire	MULON
	OLIVIER
	VERNE



II. - Agrégés en exercice

MM.

AMELINE	Pathologie chirurgi- cale.
BARIETY	Pathologie médicale.
BENARD Henri	Pathologie médicale.
BERNARD Etienne. .	Pathologie médicale.
BESANÇON Justin .	Hydrologie.
BOULIN	Pathologie médicale.
BULLIARD	Histologie.
CATHALA	Pathologie médicale.
CHEVALLIER	Pathologie médicale.
COSTE	Pathologie médicale.
DOGNON	Physique
FEY	Urologie.
FUNCK	Pathologie chirurgi- cale.
GALLIARD	Parasitologie.
GASTINEL	Bactériologie.
DE GAUDART D'ALLAINES	Pathologie chirurgi- cale.
DE GENNES	Pathologie médicale.
GAYET	Physiologie.
GIROUD	Histologie.
HAGUENAU	Pathologie médicale.
HALPHEN	Oto-rhino-laryngo- logie.
HUGUENIN	Pharmacologie.
HAZARD	Anatomie pathologi- que.
JOANNON	Hygiène.
LACOMME	Obstétrique.
LANTUEJOUL	Obstétrique.

MM.

LAROCHE Guy	Pathologie médicale.
LELONG	Pathologie médicale.
LEMAIRE	Pathologie expéri- mentale.
LEVEUF	Pathologie chirurgi- cale.
Mlle J. LEVY	Pharmacologie.
LEVY-VALENSI ...	Neurologie et Psy- chiâtrie.
MENEGAUX	Pathologie chirurgi- cale.
MOLLARET	Pathologie médicale.
MOREAU	Pathologie médicale.
MOULONGUET	Pathologie chirurgi- cale.
MOUQUIN	Pathologie médicale.
OBERLING	Anatomie pathologi- que.
PETIT-DUTAILLIS..	
PIEDELIEVRE	Médecine légale.
PORTES	Obstétrique.
RENARD	Ophthalmologie.
RICHET	Physiologie.
SANNIE	Chimie biologique.
SENEQUE	Pathologie chirurgi- cale.
TROISIER	Pathologie expéri- mentale.
TURPIN	Obstétrique.
VIGNES	Pathologie chirurgi- cale.
WILMOTH	Pathologie chirurgi- cale.

III. - Agrégés rappelés à l'exercice pour le service des examens

MM.

ALGLAVE	Pathologie chirurgi- cale.
BUSQUET	Pharmacologie.
CHAILLET-BERT ..	Physiologie.
GUENIOT	Obstétrique.

MM.

LARDENOIS	Pathologie chirurgi- cale.
LEROUX	Anatomie pathologi- que.
NEVEU-LEMAIRE .	Parasitologie.
PHILIBERT	Bactériologie.
VAUDESCAL	Obstétrique.

IV. - Agrégés chargés de cours de clinique annexe à titre permanent

MM.		MM.	
ALAJOUANINE	} Clinique médicale.	BASSET	} Clinique chirurgicale
AUBERTIN		BROCQ	
BRULE		CADENAT	
CHABROL		GATELLIER	
CHIRAY		HEILTZ-BOYER	
DONZELOT		MOURE	
DUVOIR		QUENU	
LIAN		SCHWARTZ	
PASTEUR- VALLERY- RADOT		VELTER	
SEZARY			
METZGER	} Clinique obstétricale		
ECALLE			
LE LORIER			
LEVY-SOLAL			

V. - Chargés de cours

MM.	
CHAILLEY-BERT, agrégé	Puériculture.
LEDoux-LEBARD	Stomatologie.
PHILIBERT, agrégé	Microbiologie.
RUPPE	Radiologie clinique.
WEILL-HALLE	Education physique.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A la Mémoire
de mon Père

A ma Mère

A mon Maître et Président de Thèse

Monsieur le Professeur F. TERRIEN

Professeur de Clinique Ophtalmologique
à la Faculté de Médecine

Membre de l'Académie de Médecine

*En l'assurant de toute ma gratitude
et de mon respectueux dévouement.*

A mon Maître

Monsieur le Professeur E. VELTER

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine

Avec l'expression sincère de toute ma reconnaissance pour le bienveillant accueil que j'ai rencontré dans son service à l'Hôpital Necker et à l'Hôpital Saint-Antoine et pour tout ce que je lui dois.

A mes Maîtres

Monsieur le Docteur A. POLACK

Monsieur le Docteur P. VEIL

Monsieur le Docteur M. A. DOLLFUS

Monsieur le Docteur E. LIBERT

Monsieur le Docteur E. JOSEPH

N O U S T E N O N S ,
 au début de ce travail,
à exprimer notre reconnaissance
à M. le Docteur A. POLACK
qui nous l'a inspiré et qui a bien
voulu nous aider de ses précieux
conseils et de son expérience.

Nous tenons également à
exprimer à M. le Docteur
E. JOSEPH le témoignage de
notre affection et de notre
gratitude.

INTRODUCTION

La vision des couleurs et leur perception normale ou anormale, en dehors de l'attrait purement scientifique qui a amené de nombreux commentateurs non médecins à s'en occuper, présente pour les ophtalmologistes un intérêt considérable : c'est à leur jugement qu'on aura recours sur ce sujet, c'est leur responsabilité qui se trouvera engagée, et elle le sera très gravement étant donné la grande importance sociale du problème. En effet, tous les transports modernes se voient imposer, comme rançon de la vitesse qui est leur caractéristique essentielle, une discipline dont le principal moyen d'expression consiste en l'emploi de signaux colorés. Ces signaux abondent et de leur observation exacte dépendent souvent de nombreuses vies humaines. L'ophtalmologiste-expert assume donc une très grave responsabilité sociale quand il porte un jugement sur la capacité de perception colorée de chaque agent des services dits de sécurité. Il encourt aussi une responsabilité morale vis-à-vis des sujets examinés dont l'accession ou le maintien à certains postes de confiance dépend de sa décision. Le problème, pour être moins angoissant, n'en est pas moins sérieux quand il s'agit de conseiller tel adolescent qui doute de sa perception des couleurs au moment de s'orienter vers telle ou telle carrière.

Il est donc vivement souhaitable que l'ophtalmologiste connaisse avec certitude la question. Or cet important problème, chacun le sait, n'est pas résolu. La variété des méthodes d'examen, le nombre des théories émises, l'abondance des publications sur ce sujet montrent que l'accord n'est pas fait dans cette partie de la science et qu'il n'est peut-être pas vain d'y choisir un sujet d'étude.

CHAPITRE I

EXPOSÉ GÉNÉRAL THÉORIQUE

« La théorie trichromatique. — Son origine : idée émise
« par Thomas Young. — Tentatives de vérification expéri-
« mentale, apparences de succès. — En réalité aucune confir-
« mation : la théorie *ne peut* être vérifiée. »

L'opinion généralement admise par la science officielle sur cette question a été exprimée en 1929 par le Professeur Oscar Oblath, de Trieste, dans un travail publié à Genève sous le titre : « Les tests de vision des couleurs ». Ce rapport qui constitue un résumé fidèle et précis des idées classiques, est l'analyse de l'importante documentation que le Bureau International du Travail put réunir à la suite d'une enquête effectuée en 1924 et 1925 dans de nombreux pays. Cette enquête répondait à un vœu émis par le cinquième Congrès scandinave d'Ophtalmologie, tenu à Stockholm en 1921, tendant à l'étude d'une réglementation internationale des tests de perception des couleurs, vœu dont le Bureau International du Travail fut saisi en 1924 par l'entremise du Président du Conseil d'Hygiène de la S. D. N.

Dès les premières pages de cet ouvrage, le lecteur non médecin, le médecin non spécialisé, croient pouvoir trouver une solution définitive et exacte du problème de la vision des

couleurs dans les quelques phrases suivantes dont la clarté et la logique leur donnent, du sujet, dès son abord, une idée d'autant plus séduisante qu'elle est très simple. Malheureusement le moins que l'on puisse dire de cette conception est qu'elle les prépare très mal à la grande complexité de la question. Le Professeur Oblath s'exprime ainsi :

« Avec un œil normal on peut obtenir toutes les sensations
« chromatiques possibles par le mélange varié des trois cou-
« leurs spectrales : rouge, vert et violet. L'œil normal repré-
« sente donc un système trichromatique. Mais s'il n'est sen-
« sible qu'à deux composantes de la vision chromatique, il
« s'agit d'un système dichromatique, et quand il ne comprend
« qu'un seul élément qui produit les sensations colorées, il
« représente un système monochromatique. La trichromasie
« normale est l'indice d'une sensibilité chromatique normale.
« La trichromasie anormale (ou abnorme) est constituée par
« une insuffisance de perception des différentes composantes
« de la vision chromatique. Elle peut être anormale pour le
« rouge (protanomalie), pour le vert (deutéranomalie), pour
« le violet (tritanomalie). La dichromasie ou daltonisme est
« la cécité pour le rouge (protanopie), pour le vert (deutéra-
« nopie), pour le violet (tritanopie). Le système monochro-
« matique entraîne une cécité complète aux couleurs (achro-
« matopsie). »

Celà est clair, celà est apparemment logique, nous verrons que celà est faux.

Que doit-on, en effet, penser de cet exposé ?

Nous voici en présence d'un système de vision chromatique à étages, en quelque sorte : construction dont la base est constituée par les normaux (par les trichromates normaux dit Oblath, et avec lui les théoriciens, puisque, d'après ce que nous venons de lire il suffit de percevoir trois couleurs — bien

choisies — pour les voir toutes), dont le premier étage est occupé par les trichromates anormaux, dont le second étage contient les daltoniens (dichromates pour Oblath) alors qu'au troisième étage sont classés les achromatopes totaux.

Tout cet ensemble paraît si harmonieux à première vue qu'il n'est certes pas surprenant qu'on subisse le charme de sa logique apparente et qu'on s'en contente : il vient difficilement à l'esprit du lecteur confiant d'examiner la valeur de chacune de ces affirmations et d'en peser chaque terme (1).

Cependant, en approfondissant l'étude des faits, on constate à chaque pas un tel désaccord avec ces affirmations qu'il est impossible de ne pas les mettre en doute : les auteurs qui ont observé directement les faits sans idées préconçues, déclarent qu'ils ne peuvent accepter cette théorie.

Relisons la première phrase : « Avec un œil normal, on peut obtenir toutes les sensations chromatiques possibles par le mélange varié des trois couleurs spectrales, rouge, vert et violet. » Avant de chercher à savoir si le fait est exact et si on peut l'affirmer aussi catégoriquement qu'il l'a été par Oblath, il n'est pas inutile de voir la genèse de l'idée qu'il représente.

Le concept triple a été de toute antiquité associé à l'idée des couleurs : « Xénophane, VI^e siècle av. J.-C., Aristote, Ptolémée, 150 ap. J.-C. décrivent l'arc-en-ciel comme formé de trois couleurs, rouge, vert et violet. » (Ovio. La vision des couleurs, p. 305). Mais ce ne sont certainement pas ces souvenirs

(1) Ainsi Holmgren, en 1876, se laisse aller à cet acte de foi : « Comment trouver le rapport existant entre le sens normal et l'anormal, et où faut-il tracer la limite ? En essayant de répondre à ces questions et à cent autres semblables, nous entrons dans un labyrinthe où il est facile de s'égarer si aucune théorie ne nous sert de guide. Prenons celle de Young-Helmholtz elle nous mènera sûrement au but ». C'est ce qui reste encore à prouver, après soixante années !

qui auraient pu pousser le père de la théorie trichromatique, Thomas Young, à parler de « trois couleurs principales » ; il est plus plausible de croire que cette expression lui est venue à l'esprit sous l'influence des peintres habitués à jouer de ces trois couleurs dans leurs œuvres, pour abuser nos yeux si faciles à tromper dans la représentation de la nature ; c'est d'autant plus probable que les trois couleurs principales des peintres, rouge, vert et bleu sont celles à quoi pensait Young quand il disait, en 1801, dans son mémoire lu à la Société Royale de Londres : « Comme il est à peu près impossible
« de se figurer que chaque point sensitif de la rétine puisse
« contenir un nombre infini de particules, chacune en état de
« vibrer en parfait accord avec une ondulation quelconque,
« il devient nécessaire de supposer leur nombre limité, *par*
« *exemple* aux trois couleurs principales. » Plus tard dans une de ses leçons de philosophie naturelle, il précise : « Il est
« certain que l'on peut produire une sensation parfaite de
« jaune et de bleu par un mélange de lumière rouge et verte,
« et de lumière verte et violette, et il y a des raisons d'ad-
« mettre que ces sensations sont toujours (1) composées d'une
« combinaisons de sensations séparées. Cette supposition sim-
« plifie au moins la théorie des couleurs : on *peut l'admettre*
« avec avantage, jusqu'au jour où on la trouverait incompati-
« ble avec un fait quelconque. »

L'idée émise — avec réserves, on le voit — par Thomas Young domine encore actuellement la question de la vision normale et anormale des couleurs.

(1) Il est dommage que Young ne donne pas ses raisons. Car l'observation permet, pour le jaune par exemple, d'affirmer le contraire : ainsi, à la périphérie du champ visuel, on sait que le jaune est perçu, alors que, à cet endroit, ni le vert, ni le rouge, ne le sont. Il devient alors impossible d'affirmer que le jaune vu à la périphérie est composé de rouge et de vert qui ne peuvent être perçus.

Si, de prime abord, il semble qu'on trouve, en parcourant la littérature des confirmations expérimentales, ce ne sont, à les regarder attentivement, que des à peu près : l'idée de Thomas Young n'a jamais reçu de confirmation expérimentale, et, au contraire, toutes les tentatives de vérifications expérimentales auxquelles elle a été soumise depuis un siècle ont échoué. Maxwell, Helmholtz, Abney, König et Diéterici, Tschernig et Larsen, Wright et Sélég Hecht, lui-même, en 1929, ont cherché — et cherché vainement, on le constatera facilement — à faire entrer la réalité dans le cadre où ils pensaient *à priori* qu'elle devait entrer : ils n'ont donné à leurs lecteurs que l'illusion d'une réussite.

Maxwell est le premier expérimentateur qui se soit appliqué à chercher à confirmer cette théorie. Mais, contrairement à cet espoir, *contrairement à ce qu'on croit encore généralement, il n'a pu aboutir qu'à un échec*, ainsi que le fait clairement remarquer Polack (1) : « Maxwell... à l'aide du disque tournant, et plus tard au moyen d'un appareil spectral qui porte son nom, soumet la théorie trichromatique à une véritable vérification expérimentale. Avec trois couleurs spécialement choisies dans le spectre, il essaie de reproduire les autres couleurs spectrales et d'établir des équations entre elles et les mélanges correspondants. *Mais dans la grande majorité des cas, il n'y parvient pas*, il ne peut réaliser une égalité d'aspect entre le mélange et la couleur spectrale en expériences, il se voit obligé d'ajouter à celle-ci une autre couleur plus ou moins complémentaire, pour la modifier et en rendre l'aspect semblable à celui du mélange. »

Et plus loin : « Avec ses couleurs standard rouge, vert et bleu (2) il veut reproduire le bleu-verdâtre correspondant

(1) Annales d'oculistique, Avril 1934.

(2) Remarquons qu'il ne s'agit plus ici du violet, mais du bleu.

« à la longueur d'onde de 500 millimicrons, mais il ne peut
 « réaliser l'équation, c'est-à-dire l'égalité d'aspect qu'en ajou-
 « tant à ce bleu-verdâtre une quantité relativement notable
 « de rouge et en diminuant ainsi considérablement sa satura-
 « tion apparente. »

L'équation s'écrit alors :

$$7,87 \text{ (de 500)} + 0,43 \text{ (de 630)} = 3,99 \text{ (de 528)} + 2,22 \text{ (de 457)}$$

Mais reproduisant par un artifice algébrique l'extinction partielle d'une couleur par sa complémentaire. « transportant ce
 « rouge avec changement de signe dans le second membre de
 « l'équation », il obtient :

$$7,87 \text{ (de 500)} = 3,99 \text{ (de 528)} + 2,22 \text{ (de 457)} - 0,43 \text{ (de 630)}$$

« LE SIGNE *négatif* que l'on retrouve dans *presque toutes*
 « les équations de Maxwell montre clairement qu'il est impos-
 « sible avec trois couleurs spectrales les mieux choisies de
 « reproduire exactement toutes les autres couleurs du spec-
 « tre. »

Helmholtz, dont on a fait le grand champion des idées émises par Young, au point d'appeler la théorie trichromatique, théorie de Young-Helmholtz, avoue lui-même : « Il
 « n'existe pas trois couleurs simples dont le mélange repro-
 « duit même passablement les couleurs intermédiaires du
 « spectre : les couleurs spectrales paraissent toujours bien
 « plus saturées que les couleurs composées. » Ne confirme-t-il pas explicitement par ces mots la *négation de la théorie trichromatique* que Maxwell a apportée implicitement comme on vient de le voir plus haut ? Ce qui n'empêche pas les expérimentateurs suivants de continuer obstinément, depuis quatre-vingts ans à chercher leur voie dans cette impasse, et à s'y retourner inlassablement, et au prix d'un énorme travail : « Si
 « Sélig Hecht apporte enfin... dans un exposé magistral et qui
 « mérite de faire date, au meeting mémorial de 1929 de l'Optical Society des Etats-Unis, les premiers résultats d'un tra-

« vail de longue haleine comportant une élaboration mathématique difficile..., il ne dissimule pas qu'il rencontre dans l'explication de la protanopie une difficulté qui lui a paru jusqu'ici insurmontable : en raison du faible décalage d'excitabilité spectrale de ses trois fondamentales, l'absence même d'une des extrêmes ne peut entraîner qu'un raccourcissement à peu près inappréciable du spectre. » (1).

Or on sait qu'il est généralement admis que les daltoniens type Dalton auxquels il manquerait la perception d'une des composantes de la vision chromatique comme le veut Oblath, présenteraient dans leur vision du spectre, un raccourcissement dans la zone rouge.

Comme il est difficile, en effet, en s'obstinant après tant d'autres, de forcer les faits à entrer dans un cadre qui ne leur convient pas ! Helmholtz l'avouait assez vite et, obligé de faire œuvre d'imagination, il ne craignait pas de déclarer : « *Il doit exister une série de sensations de couleurs encore plus saturées que celles que l'œil trouve dans les circonstances ordinaires dans la lumière objective, même dans celle du spectre.* » Peut-être bien, mais nous entrons alors dans le domaine métaphysique : personne n'a jamais perçu ces sensations, comme personne n'a jamais rencontré les trois ordres de cellules visuelles qui « devraient » être différenciées, ni les trois fibres qui « devraient » courir parallèlement de la rétine au lobe occipital. « Que sont et où se trouvent ces trois fibres spéciales ? ou, s'il ne s'agit pas de fibres différenciées, où sont les cellules spécifiques et par conséquent différenciées qui se trouvent en rapport avec ces fibres ? Les études histologiques ne nous montrent rien de tout cela. » (2).

(1) Piéron, Le problème de la vision des couleurs, Bulletin S. O. P., Novembre 1930.

(2) Ovio, La vision des couleurs. Paris, Alcan, 1932.

Cela est bien évident. L'analyse pertinente des travaux de Maxwell par Polack, l'aveu de Helmholtz, l'« insurmontable » obstacle que rencontre Selig Hecht, l'opposition formelle des faits anatomiques, sont en contradiction flagrante avec la phrase de Oblath : « avec un œil normal on peut obtenir toutes les sensations chromatiques possibles par le mélange varié des trois couleurs spectrales : rouge, vert, violet ». On peut dire au contraire : Il est *impossible* à un œil normal d'obtenir *toutes* les sensations chromatiques par le mélange varié de *trois* couleurs spectrales.

L'œil normal ne représente donc pas un système trichromatique.

Ceci établi, examinons si l'œil atteint de Daltonisme représente un système dichromatique comme le dit Oblath ? : « Mais s'il (l'œil) n'est sensible qu'à deux composantes de la vision chromatique, il s'agit d'un système dichromatique..... La dichromasie ou daltonisme est la cécité pour le rouge (protanopie), pour le vert (deutéranopie), ou pour le violet (tritanopie). »

On sait que la description que Dalton fit de sa découverte, remonte à 1794, et que ce savant pensait devoir attribuer les causes de la particularité dont était affecté son sens chromatique, à une coloration bleue de son corps vitré; l'autopsie ayant d'ailleurs détruit cette toute première hypothèse.

En 1837, l'allemand Seebeck, professeur de lycée, modeste chercheur non imbu de théories, intéressé par la découverte de Dalton, ayant étudié, par des moyens simples, de nombreux sujets, les divisa en deux classes : d'une part ceux dont le type de vision correspond à celui de Dalton, et d'autre part ceux dont la vision différant plutôt quantitativement que qualitativement de la première, peut être considérée comme semblable à celle que Nagel décrira ultérieurement en publiant son propre cas. Les premiers, Nagel les appelle protanopes, les

seconds, dont il fait partie, il les nomme deutéranopes, ces deux types faisant d'ailleurs dans la vie courante les mêmes erreurs grossières et ne se distinguant que par des différences de clarté des couleurs qu'ils confondent.

Citons à ce propos lord Rayleigh, chaud partisan de la théorie trichromatique qui décrit ainsi la vision de deux daltoniens, MM. T. et B., appartenant chacun à l'une des deux classes : « M. T. et M. B. purent réaliser des « perfect matches » (égalisations parfaites) de rouge et jaune ou de vert et jaune, mais les proportions utilisées par les deux sujets sont différentes.

- 1) Pour M. T. équation r. j. le rouge = éclat éblouissant
le jaune = presque trop sombre
pour être reconnu
équation v. j. teinte extravagante
éclat presque satisfaisant

- 2) Pour M. B. équation presque satisfaisante pour une vision correcte (le rouge ne lui paraît pas aussi sombre)

Malgré ces grandes différences, il est évident que la vision de ces deux observateurs est strictement dichromatique (1), et que, éclat à part, tous les rayons du spectre entre le rouge et le vert ont le même effet sur leurs yeux. »

Puis lord Rayleigh, cherchant à adapter ces deux cas aux exigences de la théorie, continue en ces termes : « La suppression de ma propre sensation de rouge me ferait très probablement faire des mélanges de couleurs semblables à ceux de M. T. et, dans ce sens, on peut dire que M. T. a une cécité pour le rouge. Mais dans les mêmes conditions mes mélanges

(1) Pour éviter toute idée préconçue nous lisons : « ... il est évident qu'ils sont daltoniens... »

seraient absolument tous refusés par M. B.. Alors peut-on, son cas n'étant certainement pas une cécité pour le rouge, parler chez lui de cécité pour le vert ? Je réponds que si j'avais une absence de sensations vertes, mes égalisations seraient encore plus éloignées de celles de M. B. que si j'avais une cécité pour le rouge. »

Or, d'après la description des équations de M. B., il est évidemment un type Nagel, donc pour Rayleigh, le type Nagel n'est pas une cécité pour le vert.

Il n'est pas encore question, en 1837, du dernier type prévu par les champions de la théorie trichromatique, celui des « tritanopes ». Bien plus tard, en 1876, Holmgren, disait encore à ce propos : « Il y a, *d'après la théorie*, une classe d'aveugles pour les couleurs, les aveugles pour le violet... cette cécité se présente si rarement que nous ne pouvons en parler d'expérience.. ». Cette affirmation a une valeur considérable si l'on sait que Holmgren est peut-être l'homme qui, dans sa vie, put examiner le plus grand nombre de daltoniens ! Il fallut attendre encore cinquante ans pour que l'école allemande découvrit enfin — ou crût découvrir — un troisième type de daltonisme chez un sujet, un seul, aveugle pour le bleu (blaublindheit). L'hypothétique fibre nerveuse conductrice de la sensation violette aurait vraiment une résistance extraordinaire ! On est d'ailleurs autorisé à se demander par quels moyens ont été caractérisés les quelques très rares cas de cette dernière forme de daltonisme qui auraient été observés : le besoin de les trouver était tel, en effet, que des tableaux dits pseudo-isochromatiques leur furent consacrés, au mépris de toute recherche expérimentale. Par exemple, si nous en croyons Polack, la table XIV de Stilling est donnée par son auteur comme « pathognomonique de la cécité au bleu-violet », alors qu'elle doit au contraire être utilisée à la recherche des achromatopes totaux : « elle menace de peupler le monde de trita-

nopes imaginaires ». On en est encore actuellement à attendre que soit incontestablement prouvé un cas de cécité au bleu-violet, de tritanopie. Pratiquement, les daltoniens accusés — les daltoniens absolus (1) — les sujets atteints de *Farbenblindheit* (2) — de *colourblindness* — qu'on les nomme comme on voudra, sauf par le terme « dichromates » — se classent en deux catégories, et en deux seulement, ceux du type Dalton et ceux du type Nagel, dont *les premiers seuls* ont une *ressemblance partielle* avec les caractères que, d'après la théorie, ils devraient posséder.

On ne trouve donc que deux types de daltoniens, au lieu des trois qu'exige la théorie, et, si le type Dalton ressemble un peu à ce que devrait être, dans l'imagination des théoriciens, la protanopie, le type Nagel s'écarte résolument de ce que devrait être l'hypothétique cécité pour le vert. On ne peut donc pas

(1) Disent Blum et Schaaff. (*Le Daltonisme*, Masson, Paris, 1929). Ils ajoutent d'ailleurs : « daltonisme (partiel) absolu » pour éviter la confusion avec les achromatopes totaux.

(2) La genèse du mot *farbenblindheit* est d'ailleurs curieuse : devant l'opposition farouche des savants anglais à l'emploi du mot daltonisme (cf. note (1) page 31) Helmholtz propose d'employer pour qualifier le type Dalton, le mot *rot-blindheit*, « cécité pour le rouge », à cause de l'affaiblissement de la sensation rouge chez ceux-ci. Le terme était d'ailleurs faux : il ne s'agit chez eux que d'une simple diminution relative de perception pour le rouge qui se traduit, d'après Polack, par un raccourcissement relatif du spectre du côté du rouge plus accentué que chez le normal, ce raccourcissement disparaissant quand on augmente l'éclat.

Peu importa. *Rotblindheit* qu'on employa faute de mieux puisqu'on voulait éviter d'employer « daltonisme » (Helmholtz n'osant pas employer *grünblindheit* car il se rendait compte, quoique théoricien, du manque d'exactitude du terme « cécité pour le vert » pour caractériser les types Nagel), *rotblindheit* devint *farbenblindheit*.

Or en faisant de *farbenblindheit* le synonyme de daltonisme, on tend ainsi à faire croire que tous les daltoniens sont aveugles pour les couleurs : achromatopes ?

Comment s'étonner devant de telles inconséquences de langage, de ce que la question soit difficile à étudier et rebute nombre de ceux qui pourraient s'y intéresser.

et on ne doit donc plus faire de « daltonien » et de « dichromate » des synonymes. Le terme dichromate doit disparaître, ne correspondant à aucune réalité.

Par conséquent, on ne peut pas accepter pour vraies les phrases d'Oblath : « Mais s'il (l'œil) n'est sensible qu'à deux composantes de la vision chromatique, il s'agit d'un système dichromatique... La dichromasie ou daltonisme est la cécité pour le rouge (protanopie), pour le vert (deutéranopie), pour le violet (tritanopie). » La théorie trichromatique est tout aussi loin de la réalité en ce qui concerne les daltoniens qu'au sujet des gens normaux. Sera-t-elle plus adéquate à la vision des achromatopes totaux ?

La réponse, absolument négative, sera fournie par un partisan convaincu de la théorie : le Professeur Piéron, qui répond on ne peut mieux aux phrases d'Oblath suivantes : « ...quand il (l'œil) ne comprend qu'un seul élément qui produit les sensations colorées, il représente un système monochromatique... Le système monochromatique entraîne une cécité complète aux couleurs » par les mots que voici (1) : « En ce qui concerne le monochromatisme — dont théoriquement trois variétés auraient dû se présenter, avec courbe de visibilité spectrale représentant celle de l'une ou de l'autre des trois fondamentales — il ne fait pas de doute qu'on a confondu avec lui l'achromatopsie, due à la vision exclusive par bâtonnets (2),

(1) Piéron. Le problème de la vision des couleurs. S. O. P. Bulletin, Novembre 1930, pp. 486, 487.

(2) Cette affirmation ne repose d'ailleurs sur aucun fait physiologique. Ajoutons, en passant, que la vision exclusive par bâtonnets, issue de l'idée de Parinaud de la duplicité de la rétine (théorie qui n'est la conséquence d'aucun fait fondamental et ne repose que sur un raisonnement), se trouve vivement et brillamment combattue actuellement (M^{lle} Verrier, Les yeux et la vision. Paris, Alcan, 1938). C'est Galezowski qui, dès la parution du travail de Max Schultze (1866) prétendit que la rétine des achromatopes ne possède que des bâtonnets, alors que la première autopsie d'une telle rétine n'eut lieu (pour infirmer cette idée) qu'en 1910 (Lawrence).

qui caractérise la nyctalopie avec scotome central, absence de phénomène de Purkinje... Qu'il puisse y avoir un monochromatisme authentique, *comme le requiert* la théorie Young, c'est ce qu'il est difficile de nier, *mais je n'en connais aucun cas probant.* »

Le fait que les partisans de la théorie n'aient pas pu trouver de monochromates — ce n'est probablement pas faute de les avoir cherchés — nous incite au contraire à nier qu'existent, en dehors du domaine de la légende, de tels sujets voyant tout en rouge ou tout en vert, en bleu ou en violet.

Nous sommes obligés de convenir alors que la théorie généralement enseignée, la théorie généralement admise, la théorie trichromatique, puisqu'il faut l'appeler par son nom, est fausse sur tous les points que nous venons d'examiner. Tous les efforts qu'on a pu faire depuis près de cent ans pour traduire, pour manipuler, pour déformer les faits, sont, de l'aveu implicite ou explicite de leurs auteurs, restés vains, ils le restent et le resteront.

Si d'ailleurs nous démontrons que la première phrase de l'harmonieuse construction que le Professeur Oblath présente au public mondial, par l'intermédiaire du B. I. T. comme indubitable, est fausse, et que, privée de base sa pyramide logique et simple risque fort de s'écrouler, nous ne sommes certes pas le premier à le remarquer ni à le dire, il s'en faut. Mais si nous le disons avec insistance, c'est parce que les auteurs mêmes que cette théorie ne satisfait pas, continuent toutefois à s'en accommoder et continuent surtout à employer le dangereux langage auquel cette théorie a malheureusement donné naissance : Tschernig le fait abondamment, et d'autres après lui : par exemple, Blum et Schaaff, qui dans leur ouvrage « Le Daltonisme », parlent en ces termes des hypothèses de von Kries et Müller : « Ces hypothèses nous paraissent bien com-
« piquées et *encore bien plus invraisemblables que les théo-*

« *ries primitives*. La vérité est qu'aucune des théories classiques n'est susceptible d'expliquer le daltonisme dans toutes ses particularités. » Cela ne les empêche nullement, bien qu'eux-mêmes proposent une autre terminologie, d'utiliser les termes de la théorie classique en décrivant : « l'achromatopsie partielle absolue ou dichromatopsie, les protanopes et la trichromasie anormale avec des protanomaux et des deutéranomaux », et de contribuer, en continuant à employer ces termes, à faire croire que leur signification correspond à une réalité.

Par ailleurs, Bourdier, qui garde sagement vis-à-vis des diverses théories une grande objectivité, lorsqu'il présente, en novembre 1930 à la Société d'Ophtalmologie de Paris le rapport sur « Les procédés d'examen des couleurs », termine son exposé en ces termes : « Sur le sens chromatique ont été émises de nombreuses conceptions personnelles : si elles vous sont apportées au cours de la discussion, vous constaterez comme nous la multiplicité des problèmes qui s'entrecroisent. Quelles qu'elles soient, nous nous y intéresserons vivement, car nous ne croyons pas aux délits d'opinion et pour reprendre la phrase de l'illustre mathématicien Henri Poincaré, nous dirons qu'une théorie peut être fausse, si elle est féconde, elle a sa raison d'être. »

La question est, très précisément, de savoir si la théorie trichromatique a été féconde, et de savoir si elle l'est encore : la question de sa réalité étant absolument résolue par la négative.

En d'autres termes, peut-on excuser l'inexactitude de la théorie, par sa fécondité ?

Sans doute la théorie a été féconde, en ce sens qu'elle a provoqué les travaux de Maxwell, lesquels, au point de vue industriel, ont permis de prévoir et de calculer des mélanges de couleurs ; en ce sens, encore, qu'elle a provoqué les travaux de Helmholtz et de Kœnig. Mais au point de vue du daltonisme

lui-même, il nous paraît que sa conséquence la plus importante s'est produite par hasard et, ne devant pas grand'chose à la théorie, ne lui apporte guère : nous voulons parler de la découverte de Lord Rayleigh. C'est à ce propos que nous envisagerons la dernière partie de la citation d'Oblath que nous avons jusqu'ici laissée à part : « La trichromasie anormale (ou abnorme) est constituée par une insuffisance de perception des différentes composantes de la vision chromatique. Elle peut être anormale pour le rouge (protanomalie), pour le vert (deutéranomalie), pour le violet (tritanomalie). » La théorie correspondra-t-elle plus à la réalité, dans les limites de ce dernier paragraphe ?

CHAPITRE II

LA DÉCOUVERTE DE LORD RAYLEIGH

« Survenue à l'occasion de recherches expérimentales sur
« la théorie trichromatique. -- Le type de vision Rayleigh.
« peu différent du normal, très différent du daltonien. — Inté-
« gration arbitraire de ce type dans la théorie. — Prétendues
« découvertes de types Rayleigh pour le rouge et le violet. »

Lord Rayleigh publia, en 1880, dans « *Nature, journal of science* » un premier texte sur la question, dans lequel, très favorable à la théorie trichromatique, il rappelle le disque tournant de Maxwell et donne les résultats de quelques mélanges de couleurs effectués par ce moyen; il constate notamment une différence importante entre les quantités de rouge nécessaire dans deux expériences, l'une effectuée par un ciel nuageux et l'autre réalisée sous un ciel d'un bleu extraordinaire qui, disait-il, doit avoir une coloration semblable à celle d'une solution étendue de cuivre qui acquiert sa teinte bleue par une suppression partielle du rouge extrême. Il donne ensuite des formules de solutions filtrantes permettant, en éliminant le jaune spectral, de donner néanmoins du jaune en isolant le

rouge et le vert du spectre puis en les mélangeant. Il cite ensuite Sir John Herschel qui, lui, croit à une théorie tétrachromatique, puis admettant qu'il existe indubitablement beaucoup de choses obscures dans les relations mutuelles des couleurs, il termine en disant : « Des difficultés comme celle-ci
« (le jaune sombre suggère si peu ses caractères qu'il a été
« appelé d'un autre nom, brun) nous renforceraient tous dans
« notre *détermination* de construire notre théorie des couleurs
« sur le terrain solide de l'état triple de la vision normale, les
« trois éléments primaires de la couleur correspondant appro-
« ximativement aux rouge, vert et bleu. (But difficulties such
« as these should make us all the more determined to build
« our theory of colour on the solid ground that normal
« vision is threefold, and that the three primary elements of
« colour correspond nearly with red green and blue). »

Lord Rayleigh continue ses expériences avec conscience et précision toujours ancré dans la même détermination de reproduire le jaune en éliminant le jaune spectral. Il les décrit dans la publication « Experiments on colour, read before Section A of the British Association » parue dans « Nature », avril-novembre 1881 et 1882. Abandonnant les encombrantes cuves qui contenaient ses solutions filtrantes, il établit des plaques filtrantes enduites de gélatine ou de collodion imprégnées des solutions, puis revenant au colour-box de Maxwell, il le modifie et construit au moyen de prismes un appareil spectral précis qui lui permet de mélanger rouge et vert spectraux en quantités exactement mesurables et de comparer ce mélange au jaune spectral pur. C'est de ce moment que date sa découverte d'un type particulier de vision des couleurs différant un peu du type normal et complètement des types de Daltoniens. Citons-le : « Le premier essai de cet instrument,
« au printemps dernier, révéla une intéressante particularité
« de la vision colorée, tout à fait distincte du daltonisme

« (quite distinct from colour blindness) (1) : le mélange

(1) Nous nous permettons de traduire « colour-blindness » non par « cécité aux couleurs » mais par daltonisme, ce mot sur lequel on continue à crier haro : « il semble, dit Ovio (loc. cit. pag. 408) que l'auteur de cette dénomination piteuse ait été Pierre Prévost de Genève ». Non, elle était en usage à l'Académie des Sciences de Genève (en 1827, du vivant de Dalton). On l'a abandonnée sur la protestation de certains savants anglais, choqués de voir perpétuer le souvenir de leur célèbre compatriote par l'infirmité de sa vision. Nous avouons voir dans ce sentiment britannique un excès de scrupule. Nous pensons au contraire, toutes excuses présentées à nos amis d'Outre-Manche, pour notre obstination, qu'il est très indiqué d'employer à ce sujet le nom de Dalton. C'est un honneur à lui rendre : l'humanité ne peut être que très reconnaissante à ce grand homme d'avoir décrit et publié la particularité de sa vision. C'est lui qui a attiré l'attention des savants sur le fait, lui qui a donné les grandes lignes de cette science, le daltonisme, c'est lui qui a permis que la société découvre les daltoniens et qu'elle s'en protège. Rien ne nous permet de croire qu'il se serait offusqué de ce vocable : citons Wilson « Researches of colour blindness, 1855 » : Whether he was aware of the use of his name I don't know but he certainly would have acquitted the genevese philosopher of any intention to mock him by calling those who had the same peculiarity of vision as he possessed, daltonians. In truth Dalton seemed rather pleased than annoyed by his colour blindness, and enjoyed the amusement which his mistakes regarding colours occasioned to others.

« Je ne sais pas si Dalton connaissait cet usage de son nom, mais il aurait certainement acquitté le philosophe genevois de toute intention de le railler en appelant daltoniens les sujets qui avaient la même particularité de vision. En vérité Dalton lui-même se montrait plus amusé qu'ennuyé de sa cécité aux couleurs et se divertissait du plaisir que ses erreurs de vision colorées causaient aux autres ».

Considérations sentimentales mises à part, nous estimons que daltonisme et daltonien sont les seuls termes que nous ayons actuellement le droit d'employer. En tout cas « cécité aux couleurs » pour qualifier le daltonisme est à rejeter **absolument**.

« Cécité » pour les ophtalmologistes, a un sens absolu. Or même les achromatopes totaux sont capables de faire, avec une grande précision à plusieurs reprises exactement dans le même ordre, un classement de color-tests : il est évident que, même dans leur cas, on ne peut parler de cécité pour les couleurs, pas plus que dans le type dalton on ne peut parler de cécité pour le rouge, là où il existe seulement diminution de sensibilité pour cette couleur. (Polaek, *Annales d'oculistiques*, n. 4 avril 1934).

Daltonisme, daltonien sont les seuls mots qui ne portent pas en eux, comme le font tous les autres, une signification étiologique ou pathogénique que, devant l'incertitude qui règne sur la question, on n'a absolument pas le droit d'imposer.

« rouge-vert qui était à mes yeux et à ceux de la plupart des
« observateurs parfaitement analogue à la lumière jaune
« monochromatique de la raie D, paraissait à mes trois beaux-
« frères assimilable au rouge, presque aussi rouge que de la
« cire à cacheter rouge. Pour contenter leurs yeux par une
« égalisation des deux plages, il fallait que la proportion de
« rouge fut très réduite, à un point tel que, à nous, le mélange
« parût vert-clair, presque dépourvu de ressemblance avec le
« jaune... Cette particularité, très inattendue, ayant été con-
« firmée, je me rappelai une dispute que j'avais eue quelques
« années auparavant au sujet de la couleur d'un liquide dichro-
« matique qui, pour moi, était vert alors que, pour un de
« mes beaux-frères, il était rouge, mais cette observation ne
« fut pas suivie comme elle aurait du l'être, chacun de nous
« croyant que l'autre était dans l'inexactitude. (But the obser-
« vation was not followed up, as it ought to have been, each
« of us, I suppose, regarding the other as inaccurate). »

Modifiant alors son appareil, Lord Rayleigh cherche à retrouver d'autres sujets semblables à ses beaux-frères, en faisant faire la même comparaison (1) à diverses personnes :
« Vingt-trois observateurs, du sexe masculin, pour la plupart
« des étudiants de laboratoire, ont fait avec moi des compa-
« raisons entre le jaune simple et le jaune composé. Seize
« d'entre eux ont fait des mesures semblables aux miennes,

(1) Cette comparaison, qu'on appelle désormais par un abus de langage « équation de Rayleigh », ne comporte plus les longueurs d'onde exactes de son auteur. Le jaune seul : $D = 589$ est conservé. Dans l'anomaloscope de Nagel, le mélange comparé est composé des radiations 535 (Thallium) et 670 (Lithium). Ces longueurs d'onde ont été choisies par Donders parce que faciles à repérer, mais ce ne sont pas celles qui, comme Lord Rayleigh définit les siennes, donnent le jaune le plus rapproché du jaune spectral du sodium (589). On n'arrive, avec l'anomaloscope, qu'à une approximation. Pour avoir une égalisation absolument satisfaisante de cette dernière couleur, il faut mélanger les radiations 630 et 560 (environ).

« compte tenu des limites d'erreur. Les sept restant compren-
« nent d'une part mes trois beaux-frères et deux autres per-
« sonnes, Mr. J.-J. Thomson et Mr. Threlfall, dont la vision
« dans ce cas est d'accord, de très près, avec la leur; et d'autre
« part deux derniers observateurs dont la vision diffère de
« la mienne dans la direction opposée. Dans un de ces cas,
« la différence, quoique réelle, est petite, mais dans l'autre
« (Mr. Hart), bien qu'il eût quelque difficulté à donner une
« observation précise, la différence est plus accusée. Sept
« observateurs féminins ont montré une vision sensiblement
« pareille à la mienne. Quoique le nombre des cas examinés
« soit très insuffisant pour établir une statistique, il apparaît
« que les sujets présentant cette anomalie ne sont pas rares,
« du moins parmi le sexe masculin. Pour avoir une idée de la
« grandeur de ces variations, j'ai calculé les quantités de
« lumière rouge et verte exigées relativement par M. Balfour
« et moi-même pour égaler la lumière jaune... autrement dit,
« M. Balfour a besoin de la moitié de la quantité de rouge
« qu'il me faut additionner au vert pour égaliser le jaune.
« Les chiffres correspondant seraient exactement les mêmes
« pour les quatre autres observateurs de ce type.

« D'autre part, Mr. Hart a besoin de beaucoup plus de
« rouge que moi pour faire cette équation, 2,6 fois plus. *Sauf*
« *dans le cas de Mr. Hart*, la vision des couleurs de ces obser-
« vateurs n'est défectueuse qu'en ce qu'elle diffère de celle
« de la majorité; ils apprécient aussi bien que tout le monde
« les petites différences de couleurs. Pour le prouver, Mr. Bal-
« four a effectué toute une série de mélanges de couleurs sui-
« vant la méthode de Maxwell.. L'erreur moyenne se trouva
« être seulement double de celle que j'ai faite dans mes pro-
« pres observations, plutôt moindre que celle qu'on constate
« habituellement dans les mesures d'observateurs doués d'une
« vision normale. »

Lord Rayleigh, pensant à faire effectuer des égalités rouge-jaune et vert-jaune à des daltoniens, écrit alors les phrases que nous avons citées plus haut à propos de la prétendue « dichromasie ». Pour terminer, l'auteur propose un appareil « permettant de réaliser des mélanges de couleur sans recourir à des disques rotatifs » ; il y parvient en faisant tourner l'image des disques à la place des disques eux-mêmes, qui restent immobiles — ce qui permet de varier pendant l'observation la largeur des secteurs colorés — pendant que l'observateur les examine au bout du tube tournant, qui contient un prisme inverseur, et dont l'axe de rotation coïncide avec le centre des disques.

De ce mémorable article de Lord Rayleigh on doit retenir, sur le point précis auquel nous nous arrêtons ici, les faits suivants :

L'auteur y découvre d'abord l'existence de variations individuelles peu importantes dans le rapport des couleurs rouge et verte dont le mélange égale le jaune de sodium. « As far as my « experience has gone, it would seem too as if normal vision « were not of the nature of an average, from which small « deviations are more probable than larger ones... : aussi loin « que remonte mon expérience, il apparaîtrait que si la vision « normale ne procure pas des mesures toujours identiques, « ses variations sont plutôt petites, et non de grande intensité... ».

Puis et surtout il individualise un groupe de sujets — que nous appellerons dorénavant « type Balfour », puisque les trois frères Balfour en sont les prototypes, *qui ne sont pas daltoniens* : leur particularité est « quite distinct of colour-blindness — mais qui prennent pour égaliser le jaune du sodium des proportions de rouge et de vert tout à fait extraordinaires : beaucoup trop de vert pour les trois frères Balfour, Mr. Threlfall et Mr. J.-J. Thomson. Les deux observateurs

qui prennent au contraire trop de rouge, Lord Rayleigh les élimine aussitôt : dans un cas, la différence, quoique apparemment réelle, est petite : nous pouvons penser qu'elle est dans les limites physiologiques; quant à l'autre sujet, Mr. Hart, les autres défauts dont est affectée sa vision des couleurs le mettent en dehors du groupe de ces non-daltoniens : « Sauf dans le cas de Mr. Hart, la vision des couleurs de ces observateurs n'est défectueuse qu'en ce qu'elle est différente de celle de la majorité »... dans les proportions de rouge-vert dont le mélange égale le jaune, évidemment. Il est impossible de comprendre autrement la phrase.

La vision type Balfour consiste donc en :

Une vision des couleurs normale dans les circonstances usuelles.

Un excès de vert à « l'équation de Rayleigh ».

C'est en ceci que consiste la découverte de Lord Rayleigh, publiée en 1881.

Cette découverte que rien dans la théorie trichromatique comme on la concevait alors, ne pouvait faire prévoir, fut reprise, l'année suivante, en 1882 par Donders qui, sur 70 sujets, en trouva 11 qui présentaient la même particularité : mélange paraissant beaucoup trop rouge. Il s'était assuré auparavant que tous ces sujets étaient *indemnes de daltonisme*. Les partisans de la théorie ne furent pas déroutés longtemps, et inventant le terme de trichromasie abnorme, déclarèrent (avec Kœnig) que puisque les gens affectés de ce type de vision avaient besoin, pour égaliser le jaune spectral, d'une proportion moindre de rouge, et d'une plus grande proportion de vert, c'est qu'ils avaient un affaiblissement de la composante verte sans d'ailleurs s'étonner que cet affaiblissement d'une composante n'apportât pas d'autres troubles que ceux relevés dans les différents mélanges de couleurs rouge et verte dont les proportions servent à poser les termes de l'équation

de Rayleigh. Il fallut attendre 1903 pour que Max Lévy, dans sa thèse de doctorat, à Fribourg-en-Brisgau, prétendit découvrir, dans sa propre vision, un second type de trichromasie anormale, caractérisé, conformément à la théorie, par l'affaiblissement de la composante rouge. Ensuite, en 1926 seulement, Engelking publia, à Berlin, qu'il avait découvert le troisième type prévu, la trichromasie anormale pour le bleu (1), dans la personne de son élève, Hartung. Quarante-quatre ans après la découverte de Lord Rayleigh, les partisans de la théorie trichromatique dite de Young-Helmholtz, tous membres de l'école de ce dernier, et ses fidèles disciples, faisaient, comme il se doit, entrer la découverte anglaise dans le cadre des idées de leur maître. Telle est l'histoire du daltonisme relatif (terme dont Blum et Schaaff qualifient la vision *type Rayleigh*).

Les cas de tritanomalie et de protanomalie ne se rencontrant pas en pratique, les auteurs qui en parlent se réfèrent, par exemple, au sujet de la protanomalie, et dans des publications récentes, à cette thèse de Max Lévy intitulée « *Über ein zweiten typus des anomalen trichromatischen Farben systems, nebst einigen Bemerkungen über den Schwachen Farbensinn* », qui date de 1903, et qui prétend décrire un cas princeps. Nous allons chercher si Max Lévy a le droit de se dire « un second type de la Trichromasie anormale ».

(1) Notons, en passant, la confusion qui continue à régner entre bleu et violet. Ceci n'a rien d'étonnant, puisqu'il s'agit d'une composante imaginaire, que chacun place à son gré.

CHAPITRE III

LE CAS DE MAX LÉVY

Analyse et Discussion

Description consciencieuse de la vision colorée de l'auteur. -- Discussion sur des conceptions de Donders et de Héring. — Aucune preuve de ce que prétend le titre n'est apportée : le type décrit par Lord Rayleigh est très proche de la normale et très éloigné du Daltonisme; la vision de M. Lévy est, au contraire, très proche pour le moins du Daltonisme et très éloignée de la vision normale. — Le cas de Lévy ne peut absolument pas entrer dans le cadre tracé par Lord Rayleigh.

Voici le titre de la thèse de Max Lévy :

Sur un deuxième type du système de trichromasie anormale.

Considérations sur la faiblesse du sens chromatique.

Ce seul énoncé révèle déjà le climat dans lequel son travail va se dérouler : nous sommes en pleine théorie, en plein système. Nous devons donc rechercher si Max Lévy arrive à

prouver qu'il est un trichromate anormal pour la première fondamentale, c'est-à-dire un « type Rayleigh rouge ». C'est à savoir, si nous nous en rapportons à la définition que nous avons tirée de la lecture de cet auteur : une personne n'ayant d'autre trouble de la vision des couleurs qu'une proportion plus forte de rouge dans les composantes qui servent à poser l'équation de Rayleigh. C'est du moins ainsi que l'on peut être autorisé à définir ce type hypothétique, par analogie avec le type Balfour caractérisé par un excès de vert dans ces circonstances et possédant, par ailleurs, une vision colorée normale. Mais commençons à citer Max Lévy. Voici les divisions de son travail :

INHALT	INTRODUCTION
I Teil : Historisches über die anomalen trichromaten.	Première Partie : Historique sur la trichromasie anormale.
II Teil :	Deuxième Partie :
1 Mischungsgleichungen.	1 Equations de mélange.
2 Peripheriewerte.	2 Valeurs périphériques.
3 Dämmerungswerte.	3 Valeurs crépusculaires.
4 Theoretische Betrachtungen.	4 Considérations théoriques.
5 Der Schwache Farbensinn (Unterschiedempfindlichkeit).	5 Le « sens affaibli des couleurs ».
(Schwellenwerte).	(Sensibilité différentielle)
(Das praktische Ergebnis).	(Valeurs de seuil)
	(Résultat pratique)

L'ouvrage prend comme point de départ la publication de Lord Rayleigh que nous venons d'analyser; mais nous verrons

que les conclusions sont différentes des nôtres. Il commence ainsi :

« Au printemps de l'année 1881 Lord Rayleigh expérimentait avec le coulour box de Maxwell modifié par lui-même sur certains mélanges de couleurs. Comme pendant cette expérience il établit une équation de couleurs entre le jaune spectral (aux environs de la ligne D) et un mélange de rouge et vert spectraux non déterminés, il s'aperçut après avoir fait examiner cette équation par d'autres observateurs, d'une particularité du sens des couleurs totalement différente de la cécité des couleurs. Le mélange du rouge et du vert était jugé par la plupart des observateurs comme par Rayleigh comme identique au jaune mais il apparut au trois beaux-frères de Lord Rayleigh, qui n'étaient pas daltoniens complètement différent du jaune, c'est-à-dire trop rouge (*hopeless too red*) comme disait Lord Rayleigh. Ce résultat surprenant engagea l'expérimentateur, en automne de la même année, à faire des recherches systématiques sur 23 personnes à l'aide d'un appareil amélioré. Ces observateurs devaient changer les proportions de quantité du mélange vert-rouge (après avoir égalisé les différences de luminosité) jusqu'à établir l'égalité avec le jaune témoin. L'étalonnage pouvait se faire facilement par le déplacement d'un Nicoll dont la position finale déterminait les proportions finales de rouge et de vert nécessaires à l'équation. Seize de ces observateurs dans la limite des erreurs possibles, coïncidaient avec Lord Rayleigh. Les sept autres personnes, parmi lesquelles les trois frères Balfour, prenaient plus de vert que les autres, presque la même quantité pour tous les cinq tandis que les deux derniers se séparaient complètement du groupe principal en mettant plus de rouge que tout le monde. Ces deux derniers cas, difficiles à établir avec exactitude, présentent

« un intérêt certain et nous citerons à leur sujet L. Rayleigh
« lui-même » :

« The vision of the two others observers differs from mine
« in the opposite direction. In one case, the difference, though
« apparently real, is small, but in the other (Mr. Hart) though
« there was some difficulty in getting a good observation, the
« difference is most decided »... et après avoir parlé du premier groupe il ajoute : en d'autres termes, Mr. Hart a besoin
« de 2,6 fois plus de rouge que moi. »

Remarquons immédiatement que Lévy oublie de citer la phrase : « *sauf dans le cas de Mr. Hart*, la vision des couleurs de ces observateurs n'est défectueuse qu'en ce qu'elle diffère (sur ce point, c'est-à-dire à propos de l'équation de Rayleigh, uniquement) de la majorité (1). Nous pouvons en déduire que, à part Mr. Hart, la vision des couleurs de ces observateurs était normale en dehors de l'équation, donc qu'ils n'étaient pas daltoniens, *mais que Mr. Hart pouvait l'être*. Nous, nous considérons comme essentielle cette phrase se rapportant au type Hart. Lévy déplore que ces cas n'aient pas été plus étudiés. Nous ne le déplorons pas moins que lui, mais nous comprenons que Rayleigh les ait éliminés de son étude comme n'entrant pas dans le cadre de sa description. S'il est vrai que Mr. Hart prenait, pour réaliser l'égalité avec le jaune, des proportions de rouge et de vert très différentes des normaux et répondait ainsi à l'un des termes de la définition, il n'en est pas moins vrai qu'il ne répondait absolument pas au second terme de la définition, à savoir : une perception normale des couleurs dans toutes les circonstances autres que celles qui servent à déterminer les termes de l'équation.

(1) Except in the case of Mr. Hart the colour vision of these observers is defective only in the sense that it differs from that of the majority.

Puis Lévy rapporte que Donders rechercha les types Rayleigh : examinant des non-daltoniens (il dit des trichromates) (2) il en trouve deux sortes :

a) L'une dont les équations, à part pour certaines erreurs individuelles, à vrai dire assez sensibles, se rapprochent néanmoins toutes les unes des autres (dans les examens à l'anomalouscope on considère actuellement comme normaux les sujets dont les erreurs se tiennent entre $1/2$ et $1/3$) (quantité peut-être excessive, cf. Polack S. O. P., janvier 1938, page 29).

b) L'autre prend notablement beaucoup trop de vert.

Mais Donders ne retrouve pas (3) parmi ces non-daltoniens.

(2) Rappelons encore une fois que quand nous écrivons « trichromate anormal » parce que nous y sommes obligés, rapportant un texte écrit dans la langue trompeuse de Max Lévy et des théoriciens, nous pensons : un type Rayleigh, tel que nous l'avons défini plus haut. C'est encore une querelle de mots, mais il est, dans cette question, indispensable de ne pas prendre un mot pour un autre ; d'une part, chaque terme du langage classique engageant à nouveau l'esprit dans l'ornière, et, d'autre part l'inexactitude des termes classiques, ou au contraire leur sens trop rétréci créant, pour qui commence à creuser un peu la question de la vision des couleurs, une difficulté que nous connaissons bien et dont nous n'avons eu que trop de mal à nous défaire. Dire « trichromate anormal » est, pour nous, un abus de confiance puisque nous nous refusons à croire qu'un individu doué d'un sens des couleurs normal n'est qu'un trichromate. Il serait correct de dire (si on tient absolument à garder le terme dichromate, et nous avons montré que nous n'y tenions pas du tout), un polychromate normal ou anormal (et non anomal, puisqu'on ne peut pas dire « nomal »).

(3) Et pour cause : A propos de Donders, Lévy met en note : « Die der Rayleighschen Abhandlung folgende Arbeit von Donders erwähnt schon diese gruppe nicht mehr, giebt vielmehr irrthümlich an, von dem 23 Untersuchten hätten nur 5 eine abweichung (und zwar alle in gleichen Sinne) gezeigt » qui peut se traduire par : « Donders, qui parle du travail de Rayleigh mentionne, **par erreur**, de ces 23 observateurs, 5 seulement, qui dévient dans le même sens, et ne parle pas des deux autres ». Nous avons souligné « par erreur », car ceci est capital : Max Lévy reproche à Donders de ne pas avoir traduit Rayleigh exactement (de ne pas avoir parlé du cas Hart). Au contraire, c'est Donders qui a su lire ce que voulait dire Rayleigh : Il est évident que Rayleigh ne comprend pas, dans son type d'anomalie visuelle les deux cas en question, à l'un desquels Lévy s'apparente. L'erreur est capitale, mais ce n'est pas Donders, **c'est Lévy qui la commet**.

de sujets qui prennent trop de rouge, de même que personne n'en a plus, jusqu'à Max Lévy, retrouvé (1). Puis Lévy rappelle que ces différences individuelles ont été remarquées par d'autres auteurs et attribuées par eux à des différences de pigment de la macula. Donnant ensuite la pensée de Héring sur ces cas (en particulier cas Lotze) pensée réfutée, à juste titre semble-t-il, par Kœnig et Von Kries et enfin par Helmholtz qui détruit l'idée lancée déjà par Dalton au sujet de sa propre vision, d'une modification importante de la coloration du corps vitré, il cite un trichromate anormal indubitable, le Professeur Zehnder pour qui la proportion vert sur rouge = 5,8. Puis, revenant sur la théorie d'Héring à propos du cas de Lotze déjà cité, constatant que cette anomalie visuelle disparaît en vision crépusculaire, il nie définitivement que ce défaut puisse, comme le voulait Héring, être une conséquence de différence de pigmentation maculaire.

La querelle d'école, entre celle de Héring et celle de Helmholtz (2), dont le successeur est Kœnig, maître direct de Max Lévy, continue pendant quatre pages.

(1) Si Lord Rayleigh avait, avant d'expérimenter, écarté les Daltoniens, comme fit après lui Donders il n'aurait pas, nous en sommes convaincus, trouvé Mr. Hart.

(2) Il est curieux de remarquer, à propos de cette querelle, une faute de Helmholtz, réfutant Héring qui voulait, pour expliquer l'excès de vert, faire intervenir un excès de pigment jaune. Helmholtz s'exprimait dans ce sens : « Passe encore pour le type Balfour où il faut trop de vert (l'équation lui apparaissait « hopeless too red », même si c'est dans le rapport 2 sur 3, mais il faudrait, pour les cas inverses (analogues à Lévy) faire intervenir un **pigment bleu ??** ». On ne comprend pas pourquoi Helmholtz n'a pas pensé, au lieu de faire intervenir un pigment hypothétique bleu, à envisager plutôt et beaucoup plus simplement, l'absence du pigment jaune normal.

Max Lévy, très heureux de trouver cet argument de Helmholtz contraire à Héring qu'il désire réfuter, ne s'aperçoit pas que cet argument ne tient pas.

Maintenant Lévy parle de sa propre vision. Il a une myopie de — 1,75 à droite et — 2,25 à gauche. Il nous apprend que c'est seulement depuis trois ans qu'il sait avoir une vision des couleurs anormale, découverte faite par Nagel, à l'aide de tableaux de couleurs (on ignore lesquels). Depuis, il s'aperçoit de son défaut, quand il voit noirs des bacilles de Koch (on sait que pour Dalton la veste écarlate du soldat anglais était noire) et a dû renoncer à faire de la bactériologie, étant dans l'impossibilité de distinguer les cocci intracellulaires. Il ne voit pas les taches rosées lenticulaires des typhiques. Une épreuve des laines de Holmgren a été normale, mais on a trouvé sur des tables de Stilling dont Lévy ne révèle pas les numéros, un défaut de vision colorée qu'on n'a pas pu préciser.

Au cours d'un examen par Von Kries, fin avril 1903, avec un appareil de mélange de couleurs, on constate que le mélange fait par l'auteur pour égaliser le jaune, paraît trop rouge aux gens normaux, et que, inversement le mélange effectué par les normaux paraît trop vert à l'auteur.

Suit une description des expériences effectuées dans les radiations les moins réfringentes du spectre (vers le rouge) au moyen d'un appareil de mélange de Helmholtz modifié (constructeurs : Schmidt et Hensch) pour étudier le quotient A sur A_1 , représentant : A la proportion de rouge sur vert exigée par l'auteur pour égaliser le jaune, et A_1 la même proportion demandée par la vision normale. La discussion des tables montre, d'après Lévy, que le rapport des quantités vert-rouge augmente continuellement, mais pas également pour les deux observateurs si l'on diminue la longueur d'ondes. La quantité de rouge demandée par Lévy est toujours supérieure à celle qu'exige le témoin, le Docteur Trendelenbourg, dont Lévy nous affirme qu'il possède une vision normale; rien d'ailleurs ne nous permettant d'en douter.

En résumé, dit Lévy, nous prouvons qu'il ne peut s'agir dans notre cas d'une anomalie des milieux de l'œil. Il confirme le fait en faisant regarder son témoin à travers un filtre vert qui arrête 23 % de la radiation 533 et 68 % de 670. Les résultats du témoin voyant à travers ce filtre et ceux de l'auteur sont toujours aussi différents et toujours de façon aussi inconstante.

Ensuite viennent les recherches sur la moitié la plus réfringente du spectre. « Nous sautons la partie verte du spectre... » et continuons nos recherches avec la radiation verte 617 et « la radiation bleue 460,8, d'une part, et sept lumières comparatives intermédiaires. » Même principe de recherches : établir le rapport entre B proportion du mélange vert-bleu dont aura besoin Lévy et celle B1 que demande le témoin. « L'observation de ce quotient nous prouve à nouveau que, » aussi dans cette partie du spectre, jusqu'à la radiation 484, « la particularité du système anormal reste éclatante. Ainsi » se trouve prouvée l'existence d'un autre groupe du système « trichromatique qui diffère du groupe normal en ce qui concerne le premier et le deuxième tiers du spectre (1). Dans » la partie la plus réfringente du spectre visible, nous pouvons dire avec beaucoup de probabilité qu'il n'y a pas d'anomalie. En ce qui concerne le cas cité ci-dessus (Mr. Hart) il « doit entrer dans la même catégorie, sans cependant que nous » puissions l'affirmer, car les recherches chez lui se réduisent « seulement à une seule équation dont les différents facteurs » ne sont pas précisés, et qui paraît avoir été établie avec « beaucoup de difficultés : » das jener Von Rayleigh kurz « beschriebene, oben zitierte Fall (Mr. Hart) derselben Kategorie zuzuordnen wäre, lässt sich zwar vermuten; da jedoch » die Untersuchung sich nur auf eine Gleichung, deren Komponenten dazu nicht genau bezeichnet sind, erstreckt hatte,

(1) Non, absolument pas, car Lévy est en réalité très éloigné des trichromates, c'est-à-dire des gens normaux. C'est là toute son erreur.

« auch bei der Ausführung sich Schwierigkeiten gezeigt haben
« sollen, so will der Verfasser die Frage nicht unbedingt beja-
« hen. »

Lévy ressemble à Hart, c'est bien évident : tous les deux diffèrent des normaux par un excès notable de rouge à l'équation de Rayleigh et tous les deux ont des troubles de la vision des couleurs : mais ces caractères ressemblent beaucoup, on ne peut le nier, à ceux des daltoniens type Dalton.

Après ces recherches en vision centrale, Lévy passe à l'étude « des valeurs périphériques », toujours en bonne adaptation à la lumière. Le premier dispositif employé dans ce but par Max Lévy consiste en un carton blanc posé verticalement et dont la luminosité change selon sa rotation par rapport à la lumière du jour incidente. A la hauteur des yeux un trou est percé dans ce carton, derrière lequel brille une lumière rouge. Si un sujet normal égalise la tache rouge avec le carton, Lévy constate une tache sombre, non colorée, au milieu d'un champ plus clair, et inversement. Il n'y a ici rien qui doive nous étonner. La raison pour laquelle Lévy a cherché à établir ces valeurs périphériques est sans doute son désir d'éliminer les difficultés très grandes que soulève toujours, pour les gens normaux, la photoptométrie hétérochrome inévitable en vision centrale.

Les expériences suivantes sont réalisées avec un dispositif beaucoup plus compliqué comportant une lumière centrale spectrale issue d'une chambre noire voisine de la pièce où l'on opérait.

Lévy insiste beaucoup sur le fait que tous les expérimentateurs se réadaptaient constamment à la lumière : entre chacun des trois essais effectués sur chaque lumière spectrale, l'observateur courait à la fenêtre, maintenait dix secondes son œil vers la lumière et revenait en courant faire le nouvel essai. Lévy eut beaucoup de peine au début à obtenir des résultats

précis alors que le témoin y arriva très rapidement. Il pense que la rétine de ce dernier était plus lente à s'adapter à l'obscurité.

La comparaison des différentes valeurs obtenues montre que l'excitation de la rétine périphérique, non sensible aux couleurs, diffère nettement, chez Lévy, de celle du témoin, pour les radiations entre 660 et 530. Il existe une valeur d'excitation plus grande dans la partie des ondes courtes, et plus petite dans la partie des ondes longues.

A cet endroit de son ouvrage, Lévy donne la figure que nous reproduisons : ce fait plaide en faveur de son objectivité, rien ne peut en effet mieux que l'examen de cette figure anéantir sa prétention de constituer un « second type » de trichromasie anormale; la courbe de Lévy y coïncide absolument avec celle d'un daltonien type Dalton.

Lévy admet très bien que sa courbe se rapproche beaucoup de celle du type Dalton qu'il appelle naturellement protanope. Et il ajoute :

« Il faut supposer que les sommets des deux courbes s'approcheraient beaucoup plus si, juste à cette place, les données du protanope ne manquaient sur une certaine partie du spectre (de 589 à 565), en tout cas, ce qui est important c'est que le maximum penche d'une façon très caractéristique du côté de la lumière la plus réfringente. Aussi faut-il souligner que la valeur d'excitabilité des trichromates anormaux est très basse pour la lumière à grande longueur d'ondes (le rouge). »

Or, celle des types Dalton est précisément très basse à cet endroit : Nous n'avons jusqu'ici absolument pas trouvé dans le travail de Lévy la moindre preuve qu'il n'est pas un type Dalton.

Lévy constate ensuite à propos de la vision crépusculaire, caractérisée par un changement de position du maximum de

Fig. I - Répartition de l'intensité lumineuse dans le spectre en vision périphérique.

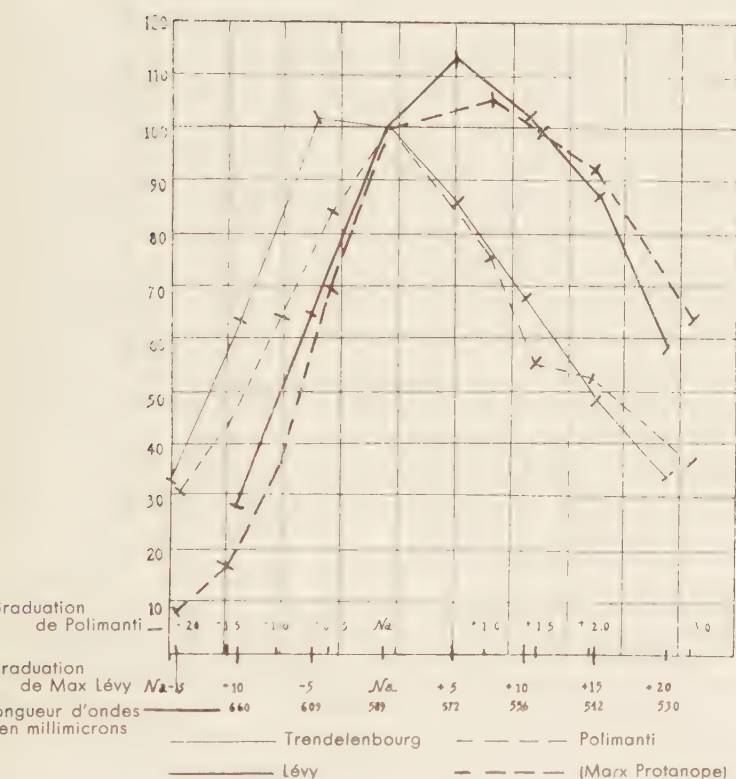


Figure extraite de la thèse de Lévy, à laquelle nous avons ajouté les longueurs d'ondes en millimicrons.

sensibilité lumineuse vers la moitié la plus réfringente du spectre, « qu'on peut nier l'existence d'une anomalie de l'appareil de vision crépusculaire chez le trichromate anomal », c'est-à-dire chez lui-même, car il ne se qualifie pas autrement.

Et comme ce point ne fait aucun doute dans son esprit, il commence le quatrième chapitre « discussion théorique » par ces mots : « Nous ne rapporterons pas en détail les données théoriques pour décrire notre anomalie, ceci ne pouvant éclairer la question » ; puis il ajoute : « Sans doute le système trichromatique anomal comme le mien, possède une certaine ressemblance avec le système protanopique » (pour nous, type Dalton). Parlant de son mélange rouge-vert égalisant le jaune, il remarque « à première vue l'équation peut paraître la même que celle d'un protanope, parce que la petite quantité de vert que j'ajoute au rouge, n'est presque pas perçue par le témoin normal. » Il ne nous dit pas évidemment s'il a essayé de supprimer cette petite quantité de vert pour réaliser une égalité rouge-jaune, caractéristique des daltoniens. Mais il avoue en être très près.

Il a cherché ensuite, toujours dans le sillon de la théorie, à déterminer laquelle de ses composantes rouge ou verte était touchée, et si son défaut résidait dans un affaiblissement de la rouge ou dans une hyperexcitabilité de la verte, mais il se garde bien de définir ses fondamentales, et pour cause ; puis, glissant discrètement sur la question, il conclut : « Je pense que la façon dont je vois les couleurs est probablement due à un sens des couleurs affaibli ». Il ne se montre vraiment pas très exigeant ni très précis dans ses définitions.

Le dernier chapitre traite de ce « sens des couleurs affaibli » et de ses rapports avec la trichromasie anormale. Examinant d'abord sa sensibilité différentielle (*unterschiedsempfindlichkeit*), il rappelle à ce propos que Donders attribuait à un sens amoindri des couleurs (*herabgesetzten Farbensinn*) la vision

des sujets, non daltoniens, ayant cependant des difficultés à déchiffrer les tables de Stilling et dont le rapport du vert au rouge, dans le mélange nécessaire à l'égalisation avec le jaune, était proche de l'unité. Il constate que le sens des couleurs affaibli (*schwachenfarbensinn*) a une certaine ressemblance avec sa propre vision.

Ensuite vient l'étude de la sensibilité différentielle proprement dite. Dans un appareil de mélange de couleurs spectrales de Helmholtz, on utilisa des lumières rouge, vert, jaune, violet (1), bleu-vert. La méthode employée fut la mesure exacte des erreurs commises dans l'établissement d'égalités entre deux lumières homogènes et d'égale longueur d'ondes. Un des colimateurs était fixe, gardant ainsi une longueur d'ondes à comparer. L'observateur pouvait faire varier le colimateur donnant la lumière comparée ainsi que l'intensité de celle-ci, jusqu'à obtention de l'égalité. Les comparaisons furent faites entre Max Lévy d'une part et, d'autre part, deux observateurs normaux, l'un bien exercé (le Docteur Trendelenburg), l'autre non exercé mais consciencieux, le student med. G. Steiner. L'auteur faisait ses égalisations avec au moins autant de précision que les autres, retrouvant la longueur d'ondes à 1 millimicron près vers 589, et même à 0,6 millimicron près vers 496, vert-bleu (2).

(1) Nous traduisons par « violet » le mot *purpurfarbig* ne pensant pas que Lévy ait pu trouver dans le spectre la couleur pourpre !

(2) Ceci ne prouve encore pas, malgré les apparences, que Lévy n'est pas un Daltonien : nous avons nous-même exécuté des recherches identiques, au moyen d'un appareil de mélange de couleurs spectrales, chez un Daltonien, très accusé (Mr. Co) capable par exemple d'égaliser un rouge 640 avec un vert 560, mais très exercé aux comparaisons de couleurs par sa profession. Avec beaucoup d'application mais aussi avec de grandes hésitations, ce sujet était capable d'établir les égalisations avec le même coefficient d'erreurs de l'ordre de $1/2$ à 4 millimicrons que nous-même qui sommes doué d'une perception normale.

Pour la recherche du seuil de perception coloré, on employa des couleurs pigmentaires : plusieurs petits papiers différemment colorés, sont fixés sur un carton incolore, dont l'éclairement varie par sa rotation autour d'un axe. La distance minima à laquelle on percevait la couleur des taches qui, vues de plus loin, paraissaient incolores, mesurait la capacité de Max Lévy en comparaison avec celle du témoin.

Mais ce procédé est irrationnel, comme le dit Lévy, car dans cette première expérience, la couleur des taches est connue des observateurs. Néanmoins, l'auteur reconnaît qu'il lui fut nécessaire de se rapprocher du carton plus que ne le fit le témoin, pour discerner la couleur de certains des papiers et, en particulier, de ceux de couleur rouge et orangée.

Comme nous sommes loin de la vision type Rayleigh ! Ce prétendu « trichromate à excès de rouge dans l'équation de Rayleigh » n'est pas capable de reconnaître, à la même distance qu'un sujet normal, que sont colorés des papiers dont il connaît la couleur : voilà une infériorité que n'avaient certainement pas les sujets dont lord Rayleigh a décrit la vision.

Dans une expérience analogue, Lévy cherche à savoir si cette difficulté de perception persiste quand on « égalise subjectivement la luminosité ». Nous pensons qu'il veut dire par là, par exemple, pour le rouge qu'il distingue mal, qu'il l'égalise d'abord comme luminosité, à un étalon incolore, avec lequel le témoin normal égalisera un autre rouge, beaucoup plus sombre certainement. Il y aura donc deux jeux de petits papiers de luminosité différente, un pour chaque observateur. Ici Lévy ne peut échapper à la photoptométrie hétérochrome.

Grâce à cet artifice — en égalisant subjectivement ses luminosités par rapport au type normal — Lévy reconnaît à la même distance que celui-ci, des couleurs que, cette fois-ci, il ne connaissait pas à l'avance. Il reconnaît même mieux le bleu que son témoin.

Se référant à Arago, directeur de l'Observatoire de Paris, il fait remarquer que le fait de ne pas distinguer les petits objets rouges, est dû à leur manque d'intensité lumineuse et non à leur manque de grandeur, et cite à ce sujet Aubert : « Si l'angle visuel diminue dans la perception des objets colorés, l'intensité doit augmenter pour qu'une perception soit possible. »

Après cette explication, il avoue d'ailleurs que, bien souvent, il arrivait à distinguer les couleurs, *sans les reconnaître en réalité par elles-mêmes*, mais en se souvenant des *luminosités respectives* des échantillons observés. Encore un cas où, comme font les daltoniens, il juge « par luminosités » et non « par couleurs ».

Il consacre ses dernières réflexions, sous le titre « résultats pratiques » à se demander si sa vision lui permettrait d'être admis dans les Chemins de fer, et résoud la question par la négative : « Donders m'aurait rejeté comme daltonien », et, plus loin : « A l'épreuve obligatoire des tables de Stilling j'aurais été déclaré aveugle pour les couleurs », c'est-à-dire daltonien. C'est bien aussi notre avis, d'après toutes les indications que nous avons pu relever dans cet ouvrage.

Conscientieux, Lévy fait lui-même un essai à bord d'une locomotive, et pense « que les personnes atteintes de son anomalie ne pourraient être déclarées *tout à fait* (1) aptes pour le service sur les locomotives ».

En effet il est préférable que les daltoniens ne conduisent pas les trains, car pour nous Lévy est beaucoup plus proche des daltoniens, type Dalton, que des normaux.

(1) « Nicht als ganz vollwertig »... le « pas tout à fait apte » témoigne d'un sens aigu de la relativité !

Que Lévy ait besoin, dans le mélange de rouge et de vert qui, pour lui, égalise le jaune du sodium (589), de beaucoup plus de rouge que les gens normaux, nous paraît indubitable. Il répond ainsi à l'un des termes de la définition que nous avons cru pouvoir, par analogie avec le type Balfour, donner de ce que devrait être, si on suit la logique de la théorie, le « second type du système trichromatique », comme dit Lévy.

L'autre terme de la définition exige de Lévy une vision des couleurs normale dans les circonstances usuelles. Rappelons en effet que Rayleigh qualifie la particularité des frères Balfour : « quite distinct of Daltonism », qu'il précise que, excepté dans le cas de Mr. Hart la vision de ces observateurs n'est défectueuse qu'à l'occasion de l'équation, qu'ils reconnaissent aussi bien que tout le monde les petites différences de couleurs (1). Lévy, dans le paragraphe de son ouvrage intitulé « sensibilité différentielle », paraît se rapprocher des normaux, on l'a vu. Mais le fait que, dans certaines régions du spectre il ressent les plus petites différences de couleurs ne nous prouve pas qu'alors il juge uniquement par couleurs, et non par luminosité seulement. Nous avons, à ce propos, rapporté la sensibilité de notre sujet M. Co...; d'autre part, dans l'article de lui déjà cité, Lord Rayleigh nous parle d'un daltonien type Dalton, M. T..., qui « pour me permettre une opinion sur son acuité générale aux couleurs, fut assez aimable pour observer cinq mélanges... La correspondance générale des deux colonnes (du tableau où sont consignés les résultats) montre que le sens des couleurs de M. T., dans une étendue réduite, est excellent » (2). Il y a donc des daltoniens qui, dans certaines limites, ont une sensibilité comparable à celle de Lévy.

(1) Their appreciation of small colour differences is as distinct as usual.

(2) The good general agreement of the two sets of numbers is a proof that within its restricted range, M. T.'s sense of colour is acute.

Cet auteur nous avoue par ailleurs, une série d'erreurs commises par sa vision colorée, qui l'éloignent considérablement des normaux et le rapprochent des daltoniens.

Lévy ne distingue pas les bacilles de Koch, ni les cocci intracellulaires ? Or Blum et Schaaff nous disent (Le Daltonisme, chapitre V : symptômes d'après lesquels le Daltonien soupçonne et reconnaît son anomalie, p. 28) : « Il semble qu'une « grosse partie des Daltoniens ont, dans ce cas (lorsqu'ils voient « les objets sous un grand angle) une certaine *sensation de* « *rouge qui leur manque pour les tout petits objets...* Par « contre, ils seront facilement pris en défaut lorsqu'on leur « présente des objets inconnus, sans possibilité de comparai- « son » (rappelons-nous l'impossibilité pour Max Lévy de distinguer au début de ses études médicales, les taches rosées lenticulaires des typhiques) « ou lorsque les couleurs sont trop peu saturées, ou enfin « *lorsqu'elle se présentent sous un angle* « *trop petit* ».

Lévy reconnaît bien et classe correctement les laines de Holmgren ? Au sujet de cette méthode, on peut lire dans Bourdier et Schaaff (1) « à une contre-visite faite sous les auspices du Board of Trade, une forte proportion d'éliminés furent trouvés normaux » et par contre « une commission, constituée en 1913... conclut que le procédé des écheveaux de laine était insuffisant et facteur d'erreur : 50 % des sujets dangereux pour le service des transports ne seraient pas reconnus par cette méthode ».

Lévy avoue lui-même qu'il serait dangereux de l'admettre dans les Chemins de fer. Il déclare qu'on l'aurait éliminé, au moyen des tables de Stilling, comme étant « *farbenblind* ».

Donders aurait, en effet, croyons-nous, éliminé Lévy du nombre des sujets chez lesquels, dans le but de contrôler la

(1) Bulletin S. O. P. novembre 1930, p. 608.

découverte de Lord Rayleigh, il rechercha les trichromates anormaux. Enfin Max Lévy nous avoue lui-même que, à certains moments, dans la recherche du seuil de perception colorée, il juge les couleurs par la luminosité des divers échantillons.

La vision colorée de cet auteur nous paraît donc, en définitive très différente — dans les circonstances usuelles — de la vision normale et beaucoup plus proche de celle des daltoniens. La prétention que révèle le titre de sa thèse nous paraît donc, pour le moins, très exagérée; Lévy ne peut se dire un trichromate anormal de la seconde espèce.

Comme son cas est celui sur lequel on s'appuie jusqu'ici quand on parle de cette anomalie, il nous paraît bien qu'elle n'est qu'hypothétique, et que le « système trichromatique anormal (ou abnorme) » d'Oblath ne répond à la réalité que pour un tiers au plus. Que reste-t-il alors de la théorie trichromatique telle que nous l'avons vue décrite au début de notre exposé ? Cette théorie a égaré les recherches pendant soixante-quinze ans, depuis qu'Helmholtz lui a donné l'éclat de sa notoriété. Il est nécessaire de l'oublier et d'examiner les faits sans aucune idée théorique préconçue.

CHAPITRE IV

LE DALTONISME A LA LUMIÈRE DES FAITS

Le daltonisme tel qu'il est en réalité. — On peut l'expliquer sans recourir à l'arbitraire théorie trichromatique.

Nous avons dû nous livrer à la longue analyse de la thèse de Max Lévy pour bien montrer, d'une part, combien exagérée est sa prétention de trouver dans sa vision le cas princeps dont la théorie avait besoin, et d'autre part, combien trompeuse est la conception schématique que le Professeur Oblath (cf. plus haut, p. 14) présente comme définitive. Qui n'est frappé, en effet, par le seul examen de la thèse de Max Lévy du contraste entre la simplicité élémentaire de la théorie officielle que rapporte Oblath et la complexité des recherches qu'on a pu faire depuis près d'une centaine d'années pour essayer de faire entrer les faits dans le cadre de la théorie ? Cette masse de documents, ces interminables discussions obscurcissent considérablement le problème et rendent très ingrate la tâche de quiconque entreprend l'étude du Daltonisme.

Oublions donc la théorie et surtout son abondante et trompeuse terminologie. Souhaitons que cet ensemble indigeste ne

soit plus imposé comme un dogme incontesté. Que les chercheurs, une fois mis en garde, s'en informent si l'on y tient, mais qu'ils soient avant tout libérés de tous ces préjugés avant d'aborder les faits expérimentaux, les seuls qui leur permettront, après que les caractères de la vision colorée auront été analysés et disséqués, de faire une synthèse de leurs connaissances. Que peut-on constater en étudiant sans parti-pris théorique les caractères de la vision colorée normale et anormale ? Nous ne pourrions mieux répondre à cette question qu'en nous reportant d'abord à « La vision des couleurs et ses anomalies » par A. Polack (1).

De même que pour déterminer une sensation auditive il faut en connaître l'intensité, le son et le timbre, de même (2) pour définir et reconstituer une sensation lumineuse, il faut se demander :

Quel est son éclat (ou intensité),

Quelle est sa couleur (ou ton),

Quelle est sa pureté (ou saturation, absence de blanc mélangé).

L'intensité, le ton et la saturation sont les trois constantes physiologiques qui définissent toute sensation colorée.

L'intensité n'est pas la même pour toutes les couleurs d'un spectre : elle est figurée par une « courbe de répartition de l'intensité lumineuse dans le spectre », dont l'allure est toujours la même et qui, pour chaque éclat du spectre (3) est

(1) Annales d'Oculistique, avril 1934.

(2) L'analogie entre le son et la couleur ne peut être poussée plus loin : les sons ne se mélangent pas comme font les couleurs, suivant le cycle qui sépare les complémentaires. Deux sons différents s'accorderont ou ne s'accorderont pas, mais ne se transformeront jamais en un troisième.

(3) Les variations d'éclat du spectre amènent, on le sait, un déplacement du maximum lumineux. (Phénomène de Purkinje).

caractérisée, pour chaque individu, par la *position du maximum de luminosité*.

Le *ton*, au sens vulgaire, est le *nom* de la couleur. Sont différents les tons que l'on ne peut rendre semblables d'aspect en égalisant leur intensité. D'une façon élémentaire, on distingue sept couleurs principales dans le spectre solaire; il y existe pourtant une infinité de radiations de longueurs d'onde différentes que nous ne pouvons toutes distinguer : pratiquement le nombre des sensations différenciables se réduit à 150 ou 200 suivant les auteurs. Mais *les domaines de chacun de ces tons sont très inégaux*. En effet, dans certaines régions du spectre, on peut, à condition de faire conséquemment varier la luminosité, faire changer la longueur d'onde de plus de 100 millimicrons sans qu'aucune différence soit perçue, alors que dans d'autres régions le moindre déplacement de 1 ou 2 millimicrons suffit pour que les sensations soient absolument différentes et impossibles à égaliser. On constate ainsi l'existence d'un certain daltonisme physiologique chez les gens normaux : cette impossibilité de distinguer par leur couleur des radiations de longueur d'onde très différente se produit aux deux extrémités du spectre : depuis la limite des plus longues radiations perceptibles (760) jusqu'aux environs de la radiation rouge à 640 d'une part, et d'autre part depuis les plus courtes perçues (390) jusqu'aux environs de la radiation violette à 440. Il y a donc deux *zones unitonales* dont l'étendue totale équivaut à près de la moitié du spectre.

La *saturation* correspond à la notion de la pureté de la couleur. On dit qu'il y a minimum de saturation lorsque l'on parvient au seuil de perception colorée. La recherche de ce seuil peut être obtenue en partant du blanc auquel on additionne progressivement une couleur donnée. Le maximum de saturation se trouve dans les couleurs spectrales. La saturation est variable suivant les couleurs.

On connaît bien, actuellement, les variations de la première des qualités de la sensation colorée : l'intensité. La courbe de variation de l'intensité lumineuse dans le spectre a été très étudiée; on connaît les variations que subit la position du maximum de luminosité dans les différents types à vision colorée déficiente. On s'est même attardé à l'examen des détails de cette étude, à de minimes « crochets » des différentes courbes, toujours sous l'influence de l'idée des trois composantes fondamentales de la théorie trichromatique, de sorte qu'on a beaucoup moins étudié les variations d'étendue des zones unitonales dans les différents types de vision colorée car ce phénomène n'apporte rien à la théorie. On sait néanmoins que les Daltoniens ne voient dans le spectre que deux couleurs : deux versants réunis par un sommet où siège leur bande grise incolore : les zones unitonales des normaux se sont, chez eux, considérablement étendues, la partie médiane non unitonale s'est rétrécie, pincée, diminuée.

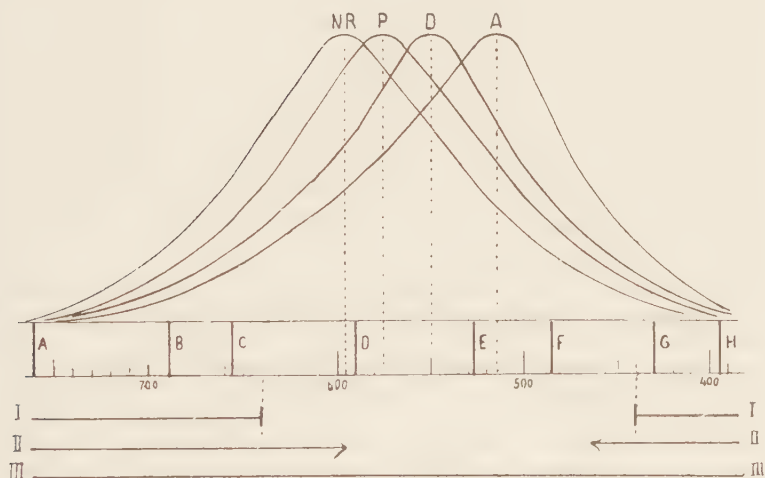
Quant à la façon dont les différents types de vision colorée se comportent vis-à-vis de la saturation de chaque couleur, nos connaissances sont peu précisées actuellement, bien qu'il paraisse qu'un certain nombre de cas de légères déficiences de vision colorée dans certaines circonstances, se produisent précisément dans le cas de lumières peu saturées.

Les variations de ces trois facteurs peuvent exister isolément, ou se combiner de façon à donner tous les types de vision connue actuellement, sans qu'il soit nécessaire de faire appel à la théorie.

C'est ce qu'explique Polack :

« La physiologie du sens chromatique me paraît caractérisée
« par deux facteurs : la position du *maximum lumineux* ou
« courbe de luminosité dans le spectre et la présence de deux
« *régions unitonales*, l'une dans le rouge, l'autre dans le violet.

Fig. II. — Graphique montrant les courbes approximatives de répartition de luminosité dans le spectre et l'étendue des régions unitonales.



N.-R. — Courbe des types Nagel et Rayleigh (variété Balfour) ;
 P. Courbe physiologique normale ; D. Courbe du type Dalton ; A. Courbe de l'achromatopsie totale ; I. Les deux régions unitonales d'étendue normale ; II. Extension de ces régions dans le daltonisme ; III. Fusion en une seule des régions unitonales dans l'achromatopsie.

L'allure des courbes est approximative, mais leurs sommets ont été mesurés avec précision à l'aide d'un appareil spectral.

(Figure extraite de « La vision des couleurs et des anomalies », par A. Polack, Annales d'Oculistique, avril 1934).

« Dans les anomalies de la vision des couleurs, le premier de ces facteurs seul ou les deux sont modifiés.

« Lorsqu'il y a déplacement du maximum lumineux, sans « extension des régions unitonales, on observe le daltonisme « du type *Nagel*, si le déplacement est vers le rouge, ou du « type *Dalton*, si le déplacement est vers le violet.

« Lorsque ce déplacement vers le violet est encore plus « accusé et les deux régions unitonales fusionnées en une seule, « couvrant toute l'étendue du spectre visible, on se trouve en « présence d'une *achromatopsie totale*. »

Peut-être l'étude approfondie des variations de la saturation permettra-t-elle de ranger avec précision les cas limites qui n'entrent pas intégralement dans l'un des types ci-dessus rappelés. Il nous paraît donc que c'est vers l'étude approfondie des variations des trois constantes physiologiques, dans chacun des types de vision colorée (1), que doivent maintenant se diriger les recherches.

Cette façon de faire aura au moins l'avantage de permettre de juger par chiffres et de définir quantitativement et non plus qualitativement les différents types de vision colorée. On pourra pour chaque sujet, mesurer le daltonisme, en situant exactement, dans le spectre son maximum de luminosité, et les limites de ses zones unitonales, et ne plus se contenter de l'estimer en employant les termes excessifs ou inexacts actuellement en vogue. L'ophtalmologie possède, en regard de l'ensemble de l'art médical, une précision incomparable dans la plus grande partie de son domaine : elle ne peut se contenter,

(1) ...Chez le normal, chez les Daltoniens accusés — type Dalton et type Nagel (les deux classes de Seebeck) ... chez les sujets type Rayleigh que Blum et Schaaff ont proposé de nommer daltoniens relatifs et chez les achromatopes totaux, que Polack range sous la dénomination type Daubeneys-Huddart pour ne préjuger en rien de ses causes imparfaitement connues.

pour le problème de la vision chromatique, de rester dans le vague et l'à-peu-près.

La perception chromatique une fois précisée et chiffrée, les méthodes d'examen subiront des variations et des améliorations importantes: alors qu'actuellement, on se contente encore trop souvent de juger ou de condamner des sujets sur la foi des seuls tests dits « pseudo-isochromatiques » qui mettent en œuvre un mécanisme psychique que nous ne connaissons pas.

Il semble en effet que si autrefois on a laissé entrer dans les services de sécurité nombre de sujets défaillants, on soit aujourd'hui tombé dans l'excès contraire.

CONCLUSION

Nous pensons avoir démontré que la théorie trichromatique est privée de tous liens avec la réalité, sa base n'ayant jamais pu être confirmée expérimentalement, et les déductions qu'on a voulu en tirer ne s'accordant pas plus avec les faits, en ce qui concerne les Daltoniens, qu'en ce qui concerne le type de vision décrit par Lord Rayleigh.

Nous pensons avoir démontré notamment, à propos de ce dernier type, que l'auto-observation de Max Lévy — loin de constituer, ainsi que le prétend cet auteur, le cas princeps d'une de ses variétés (purement imaginaires, à notre sens) — n'appartient même pas à ce type de vision.

Le lecteur aura pu constater la confusion et l'incertitude qui règnent, malgré l'essai infructueux de simplification qu'a pu être (et c'est à nos yeux sa seule excuse) la théorie trichromatique, dans l'étude de la vision des couleurs.

Persuadés qu'une science ne peut être exacte qui emploie des termes imprécis ou excessifs nous nous sommes attachés à critiquer nombre de ceux qu'on emploie actuellement au sujet de la vision des couleurs dans l'espoir que leur abandon permettra aux chercheurs nouveaux d'aborder cette étude avec un esprit dépourvu des préjugés qui sont — nous n'en doutons

pas — responsables du peu de progrès réalisés dans cette branche de l'ophtalmologie.

On ne pourra, ici, aller de l'avant que si, abandonnant la plupart des idées actuellement adoptées, notamment le mythe de la vision normale trichromatique et toutes ses conséquences, on s'attache d'abord à préciser les caractères des trois qualités qui définissent toute perception colorée : le ton, la saturation et l'intensité, en premier lieu chez les individus normaux, et ensuite seulement, chez les sujets affectés d'une vision des couleurs non conforme à la normale.

Pour que cette étude soit féconde, les conceptions actuellement admises doivent être oubliées.

Nous estimerons avoir fait œuvre utile si nous avons pu, dans ce modeste travail, contribuer à cette aération des esprits.

Vu : *le Doyen* :

TIFFENEAU.

Vu : *Le Président de la Thèse* :

TERRIEN.

Vu et permis d'imprimer.

Le Recteur

de l'Académie de Paris :

G. ROUSSY.

BIBLIOGRAPHIE

- ABNEY.** — Colour vision (Londres 1895).
— Colour blindness and trichromatic theory of colour vision (Proceed. R. Soc. London 1910. LXXXIII).
- ADROGUE et SENA.** — La vision de los colores.. (« El Ateneo » Buesnos-Aires, 1934).
- AHLENSTIEL, SACHS et STREEKFUSS.** — Emploi de filtres dans le daltonisme. (Arch. f. Augenh. 102, p. 271, 1930).
- AJO A. et TERASKELI H.** — Light sense of color blind individuals studied by means of flicker method (Duodecim, 53 : 403, 1937).
- ARAGANAZ.** — Examination of color sense (Semana med. II. 1205. oct. 1935).
- ARMAIGNAC.** — Quelques réflexions sur la vision des couleurs et daltonisme (Ann. d'Ocul. 1912 CXLVIII).
- BALDWIN.** — The lantern test for colour blindness (Lancet 1911).
- BARBEL I. E.** — Value of anomaloscope constructed by State Optic Institute in diagnosis of color blindness. Sovet vestnik oftal IX. 806, 1936).

BARD. — Du rôle des batonnets et des pigments retrouvés dans la perception des feux et des couleurs (Journ. de Phys. et de Pathol. générales 1910, p. 276).

BAZY Louis. — Le rôle du service médical d'un grand réseau de chemins de fer (Journal Médical Français, n° 4, avril 1929).

BECKER Otto. — Ein Fall von angeborener einseitiger totaler Farbenblindheit (Graefes Arch. f. Ophtalm, 1879, XXV, 2).

BELL J. et HALDANE J.B.S. — Linkage between genes for color blindness and hemophilia in man (Proc. Roy. Soc., London S.B. ; 123 : 119, 150, july 1937).

BENEDICT et LANER. — Appareil pour la mesure quantitative de la vision des couleurs (J. comp. Psychol., 20 : 107, oct. 1935).

BICKERTON. — Colour blindness and defective eyesight in officers and sailors (Edinburgh, 1890).

BLUM P. et SCHAAFF E. — Etude comparative des différents procédés employés pour la recherche du daltonisme et présentation de textes nouveaux (Bulletin Soc. Opht. Paris, 1925).

— Nouveaux « tests » pour l'examen du sens chromatique (Revue d'O.N.O., tome IV, n° 5, mai 1926).

— Considérations sur la capacité visuelle minima nécessaire aux Cheminots, Automobilistes et professions similaires. (Soc. d'Opht. de l'Est et de la France, séance du 4 déc. 1927).

— Le daltonisme (Paris, Masson, 1929).

BONNET - ROLLET - PACIFIQUE. — Achromatopsie totale congénitale et familiale (Soc. d'Opht. de Lyon, séance du 10-1-1933).

BOURDIER et SCHAAF. — Les procédés d'examen de la vision des couleurs (Rapport annuel, Soc. Opht., Paris, 16 novembre 1930).

BRAWBY. — Colour blindness. How can it be remedied ? (Intern. J. Surg. 1905, XXI).

BROCA et POLAK. — Vision de petites sources lumineuses colorées. Application à la reconnaissance des feux réglementaires de la marine (Journ. de Physiol. et de Pathol. générale n° 1, janvier 1908).

BRUCKNER. — Die Prüfung des Farbensimes (Graefe, Samisch, Handbuch der gesamten Augenh., Die Untersuchungsmethoden).

BUFFLER. — On the futility of the official test for colour blindness (Brit. Med. J. 1910).

BUNGEL E. — Total color blindness, hemeralopia and tapeto-retinal degeneration in 2 sisters (Klin. Monatsbl. f. Augenh., 97, 2, 4, 3, août 36).

BURCH. — A confusion test of colour blindness (Proced. R. Soc., London, 1912-13).

CANTONNET. — L'achromatopsie congénitale totale (Archives d'Opht., 1913, XXXIII).

CARTER. — On colour blindness (London 1881).

CESARINI. — De la vision des couleurs et de la dyschromatopsie (thèse d'Alger 1924).

- CHARPENTIER.** — La lumière et les couleurs au point de vue physiologique (Baillière, Paris, 1888).
- COHN HERMANN.** — Studien über angeborene farbenblindheit (Breslau 1879).
- COHN et MAGNUS.** — Untersuchung von 5000 Schulkindern in bezug auf farbenblindheit (Central bl. f. prakt. augenheilk, 1879, 2).
- COLLIN.** — Zur kenntnis und diagnose den angeborenen Farbensinnstörungen (Berlin 1906).
- COLLINS.** — Colour blindness its relation to other ocular conditions (Washington, 1918).
- COLLINS M.** — Tests in common use for diagnosis of color defect (Nature, London, 140. 532, 25 sept. 1937, 569, 2 oct. 1937).
- COLOJANNI G.** — Recherche de l'équation de Rayleigh, à l'anomaloscope de Nagel, jusqu'à la constatation du Dabsonisme relatif (Annali di Ottalm. e. Clin. Ocul., février 1933, p. 99).
- CORBETT H. V. et ROA H. E.** — Recognition of flashing colored lights by persons with normal and defective color vision (Brith. J. Opht. 21 : 592, nov. 1937).
- CRONSTED L.** — Need of corrective glasses during testing (of color perception). (Svenska lak-tidning. XXXIV : 145 29 janvier 1937).
- CUNIER.** — Curieuse observation d'une achromatopsie héréditaire depuis cinq générations (Ann. d'Ocul. 1838).
- DAHMS.** — Über halbzeitige farbenblindheit (Thèse de Leipzig, 1895).

DONDERS. — Remarks on colour blindness (Brit. Med. J., 1880).

— Ueber Farbensysteme (Gaefes Arch. f. Ophtalm., 1881, XXVII).

— Sur les systèmes chromatiques (Ann. d'Ocul., vol. 86, p. 109, 197; 1881).

— Farben gleichungen (Arch. f. anat. und Physiol. 1884).

DOR. — Du daltonisme (Lyon, Med. 1874. XVI).

DOR et FAVRE. — Nouvelles recherches sur la détermination quantitative de la vision colorée (Lyon, 1878).

DUFOUR Marcel. — L'emploi des filtres colorés et la vision des couleurs (Ann. d'Occul. 1924, CLXI).

— Théorie des couleurs de W. Ostwald (Soc. franç. d'Opht.; Congrès, mai 1928).

EBER G. T. -- Theories of color sensation, phenomena of simultaneous contrast and contrast box. (Tr. Ann. Opht. Soc. 33 : 451, 1935).

EDRIDGE-GREEN F. W. — Remarks on colour blindness and the tests to be adopted of its detection. (Opht. Soc. 1900, XIX).

— A trichromic Case of colour blindness. (Opht. Soc. Trans., 1901).

— The evolution of the Colour. (Opht. Soc. Trans., 1901).

— Two Cases of Trichromic Vision. (Roy. Soc. Proc., 1905).

— Hunterian Lectures of Colour Vision and colour blindness, (London, 1911).

— Colour systems. (Opht. Soc. Trans., 1905).

- Observations with Lord Rayleigh's Colour-Mixing Apparatus. (Opht. Soc. Trans. 1907).
- The relation of Light Perception to Colour Perception. (Roy. Soc. Proc., 1910).
- Die Wahrnehmung des Lichtes und der Farben. (Berliner Klin. Wochenschr., 1909. vol. 46, p. 12).
- Dichromatisches Sehen (Arch. f. d. ges. physiol. 1912, vol. 145, pag. 298).
- Tests for colour blindness (the British Medical Journal, february 22 nd 1908).
- The Physiology of vision with special reference to colour blindness. Card-Test for colour blindness. (G. Bell Sons, London, 1909).
- Colour Blindness and Colour Perception (2^e édition Kogan Paul, Trench, Trubner and Co. London, 1909).
- Colour Blindness. (The Ophthalmoscope, mai 1910, p. 320).
- A new Test for colour-blindness, Hunterian Lectures on Colour vision and Colour Blindness. (Kogan Paul et Co, 1911 ,p. 66).
- Lanterne for the quantitative estimation of defects of colour perception. (Journal of Physiology, vol. XLIII from the proceedings of the Physiological Society, July 22, 1911).
- Nouveau Test pour le sens des couleurs. (Transaction of the ophtalmological Society of the United Kingdom. (Ann. 1912, vol. 32, fas. 1).
- The discrimination of colour. (Roy. Soc. Proc. 1912).
- Simultaneous colour Contrast. Phys. Proceedings 1912, october 19).

— Démonstration pratique de la dyschromatopsie. (17^e congrès international de médecine de Londres, 6 août 1913, page 392).

— Trichromic vision and anomalous trichromatism. (Proceedings of the Roy. Society B., vol. 86, 1913).

— Colour adaptation (Proceed. of the Roy. Soc. B., vol. 86, 1913).

— The simple character of the yellow sensation. Phy. proceeding, 15 mars 1913).

— Le diagnostic de la cécité chromatique. Lanterne et spectromètre de Green. (Traduction par Sulzer, annales O. 1914, 1^{er} semestre, p. 376).

— Epreuves des laines colorées. (The Bristih Medical Journal, february, 2 nd. 1929).

— Tests for colour vision. (The Bristih Medical Journal, 1930, may 3 R D).

— Demonstration of the theory of vision. (Proc. Roy. Soc. Med. 23. 619-620 ; 1930).

EDRIDGE GREEN et MARSHALL C.D. — Some observations on so called Artificially Produced. Temporary Colour-Blindness. (Opht. Soc. Trans. 1909, vol. 29, p. 21).

ENGELKING. — Valeur des tests périmétriques physiologiques. (Von Graefes, Arch. f. Opht., t. 104, p. 75, 1921).

-- Réaction pupillaire dans l'achromatopsie congénitale totale. (Klin, Monatsbl. f. Augenh, 2^e semestre 1922, t. 69).

— Importance de la détermination du seuil pour l'appréciation pratique du sens des couleurs. (Klin, Monats bl. f. Angenheilk, 1^{er} semestre 1925).

— Répartition spectrale de la sensibilité différentielle des tons chromatiques dans les différentes formes de trichromasie anormale. (Klin. M. f. Augenh, t. 77, p. 61, 1926).

— Influence des facteurs physiologiques sur le seuil des trichromates anomaux. (Soc. d'Opht. d'Heidelberg, 1928).

— Un type jusqu'à présent inconnu de trichromasie anormale. (Von Graefes Arch. f. Opht., juillet 1925. t. 116, p. 196).

— Les courbes chez les Trichromates anomaux. (Klin. Mon. f. Angenh., suppl. au t. 78, p. 209, 1927).

ENGELKING et HARTUNG. — Recherches spectrales sur les luminosités des champs minimaux des tritanomaux et le seuil de différenciation pour des variations de la luminosité. (Von Graefes, Arch. f. Opht., février 1927).

FAVRE. — De la dyschromatopsie dans ses rapports avec la navigation. (Marseille Med., 1871).

— Réforme des employés de chemin de fer affectés de Daltonisme. (Lyon Med., 1873, XIV).

— Recherche clinique sur le daltonisme. (Lyon, 1876).

— Daltonisme et navigation. (Lyon med., 1877, XXIV).

— Du traitement du daltonisme dans les écoles. (Lyon, 1877).

— Sur le diagnostic du daltonisme. (Lyon med., 1878, XXVII).

— Sur le traitement du daltonisme congénital par l'exercice chez l'enfant et chez l'adulte. (Lyon med., 1879, XXX).

FLOROV N. Z. — Testing railroad engineers for color blindness. (Sovet. vestnik. oftal. 9 : 239, 1936).

FRY. — Achromatopsie congenitale totale. (Am. J. of. Opht., 13, novembre 1930, p. 1.064).

FUETER. — Héritéité de la dichromasie. (Von Graefes Arch. f. Opht. t. 114, p. 593., 1934).

- FUKALA.** — Ein Fall von seltener absoluter Farbenblindheit (Klin. monatsbl. f. Augenh., 1898, XXXVI).
- GALLOWAY.** — On an interesting case of the partielly colour blind. (Am J. Psychol., 1911, XXXIII).
- GEISSLER.** — Die Farbenblindheit, ihre Prüfungsmethoden und ihre praktische Bedeutung, 1882).
- GELFKE.** — Über die Beziehungen der Farbenblindheit zum Eisenbahngetrieb. (Karlsruhe, 1894).
- GENVINGS.** — La valeur des tableaux pseudo-iso-chromatiques pour découvrir la cécité des couleurs. (Am. J. of Opht. vol. 14, n° 9, sept. 1931).
- GERLOFF.** — Beobachtung in bezug auf das Seh und Farbenunter-scheidungsvermögen bei der letzten Wiederholungsprüfung. (Z. f. Bahn und Kassenärzte, 1913).
- GERTZ.** — Einige Bemerkungen über das zentrale Sehen bei der angeborenen totalen Farbenblindheit. (Arch. f. Augenh., 1903, LVI).
- GESCHER.** — Auto-observation d'un daltonien hypersensible pour les verts avec hyposensibilité pour le rouge. (Unterwertigkeit für Rot). (Arch. f. Augenh., vol. 96., p. 72 1925).
- GOELDNER.** — Casuistischer Beitrag zur Farbenblindheit. (Thèse de Dorpat, 1900).
- GOETHLIN.** — Hérité dans la dyschromatopsie et l'achromatopsie. (Acta. Opht. vol. II, fasc. I).
- GREEN WATSON.** — On the luminosity curve of colour blind, observer. (Proced. R. Soc. London, 1913, LXXXIX).
- GRUNERT.** — Ueber angeborene farbenblindheit. (Graefes Arch. f. Opht. 1903, bd. 56).

- GUERIN E.** — Le chromophotoptomètre. (Revue d'optique théorique et instrumentale, 1924, p. 418).
- GUINES.** — Recherche du sens des couleurs par des tests colorés lumineux. (Act. Opht., vol. II, fasc. IV, p. 149).
- GUTTMANN.** — Untersuchungen über Farben schwache. (Z. f. Sinnes physiol. 1909 Nr. 43, 42).
- HAAS.** — Remarques expérimentales sur le mélange des couleurs. (Bull. de la Soc. d'Opht. de Paris, 1924).
— Expériences sur la sensation de jaune obtenue par le mélange spectral. (C.R. des séances de l'académie des Sciences, 21-1-24).
- HAILWOOD J. G. et ROAF H. E.** — Sensation of yellow and anomalous trichromatisme. (J. Physiol. 91 : 36, 18 oct. 1937).
- HARTRIDGE.** — Colour blindness and Young's hypothesis. (The British journ. of Ophtalm, 1920).
- HARTUNG.** — Ueber drei familiare falle von tritanomalie. (Klin. Monatsbl. f. Augenheilk, 1926, LXXVI).
- HECHT Selig.** — On the binocular fusion of colors and its relations to theories of colour vision. (Proc. Nat. Acad. Sci. USA., 1928, p. 237).
— The development of Thoma's Young's theory of colour vision. (J. Opt. Soc. Am., XX, 1930, p. 231).
— The retinal processes concerned with visual acuity and color vision.
- HECHT S. et SHLAER S.** — Brightness distribution and color mixture. (J. Gen. Physiol. XX, p. 57, Septembre 1936).
— Color vision dichromats ; saturation on basis for wavelength discrimination and color mixture. (J. Gen. Physiol., t. XX, p. 83, septembre 1936).

HELMHOLTZ H. — Optique physiologique, Paris 1867.

— Handbuch der Physiologischen Optik. (Hamburg-Leipzig, 1909-11).

HENNING Rønne. — Sur les formes de passage entre la trichromasie anormale et la dyschromatopsie. (Kl. Monatsbl. f. Augenh. 80, p. 47, 1^{re} sem. 1928).

HERING. — Couleurs spectrales aux faibles intensités. (Arch. f. Opht., vol. 90, janvier 1915).

— Zur Lehre von Lichtsinn. (Wien, 1878).

— Grundzüge der Lehre von Lichtsinn. (Graefe-Saemisch. Handbuch der gesamte Augenh).

— Ueber Newtons Gesetz der Farbenmischung. (Lotos, Bd. 1887, VII).

HERSCHEL (Sir John F. W.) — Traité sur la lumière.

HESS (Pr. G.) — Résumé des travaux de Hess (par Redslob). (Annales O., juin 1923).

HILBERT. — Zur Kenntniss der sogenannte Farbenschwache. (Z. f. Bahn-und Kassenärzte, 1913).

von HIPPEL. — Ein Fall von einseitiger, congenitaler Rotgrünblindheit. (Graefes Arch. f. Opht. 1880, XXVI).

HOCHECKER. — Ueber Angeborene Farbenblindheit. (Arch. f. Opht., 1873, XIX).

HOLMGREN. — Die Farbenblindheit, (Leipzig, Vogel, 1878).

— De la cécité des couleurs dans ses rapports avec les chemins de fer et la marine.

— Zur Entdeckung der Farbenblindheit bei Massenuntersuchungen. (Centralbl. f. prakt. Augenh., 1878).

— Ueber die subjektive Farbenempfindung der Farbenblinden. (Centralbl. f. Med. Wissensch. 1889).

— Réflexion sur la vision des couleurs, Laines colorées. (Arch. Opht. p. 382., 1912).

HOLTH S. — Abbreviated Ishihara tables for testing color blindness among school children. (Norsk mag f. leegevidensk, 98, 296, Mars 1937).

HORSTMANN. — Ueber Farbenblindheit. (Deut. Med. Woch., 1880, VI).

JEFFRIERS J. — Incurability of congenital colour-blindness. (Boston Med. a. Surg. j., 1878).

— Colour Blindness. Its dangers and its detection. (Boston, 1879).

— Relative frequency of blindness-colour in males and females. (Boston Med. A. Surg., 1879, XCIX).

JENNING. — Colour vision and colour blindness. (Philadelphia, 1905).

JULER. — Congenital total colour blindness. (Opthalm. Rev., 1910, XXIX).

KEERSMAECKER. — Diagnostic du daltonisme par la méthode dite des laines colorées. (Revue clin. d'Oculis., 1881).

KESSLER J. — Trichromic system in service of dichromats. (Klin. Monatsbl. f. Augenh., 97 : 653, novembre 1936).

KIRSCHMANN. — Beiträge zur Kenntnis der Farbenblindheit. (Wundts Philos. Studien, 1893).

KISIN. — Traffic signal apparatus for testing color blind engineers under laboratory conditions. (Sovet vestnik oftal. VII, 688, 1935).

— Testing perception of prospective transportation workers. (Sovet. vestnik oftal. VI, 500, 1935).

— Color blind railroad engineers and problem of professional selection in transportation industry. (Sovet vestnik. oftal, 7 : 883, 1935).

KOELLER H. — Pathologie du sens chromatique. (Zeitschr. f. Augenh., mars 1909 et septembre 1909).

— Méthode d'examen. (Zeitsch. f. Augenh., oct. 1909).

— Limites entre le sens chromatique normal et pathologique. (Soc. d'Opht. Heidelberg, août 1911).

— Die Storungen der Farbensinnes (S. Karger, Berlin, 1912).

— Anleitung zur Prüfung des Farbenunterscheidungsvermögens mittels des Anomaloscops für Bahnaugenärzte. (Zeitschr. f. Bahn-und Kassenartre, 1913).

— Transition entre le sens coloré normal et le daltonisme congénital. (Arch. f. Augenh., vol. 78).

— Contraste simultané. (Arch. f. Augenh., vol. 80, p. 63).

— Contraste renforcé chez les trichromates anormaux. (Arch. Augenh., vol. 81).

— Equation de Rayleigh chez les trichromates anormaux. (Arch. für Augenheilk, 1918, vol. 84).

KOELLNER. — Ueber das Grenzgebiet über Farben schwache und normalen Farbensinn. (Ber über die 37. opht. Gesellschaft. su Heidelberg, 1921).

— Ueber di helligkeits und adaptationskurven der Farbenblinden. (Arch. f. Optalm., 1927, t. 118).

KOENIG. — Bemerkungen über angeborene totale Farbenblindheit. (Zeitschr. f. Psychol., 1899, XXX).

- KONIG A. et DIETERICI.** — Zeitschr. für Psych. und Physiol. der Sinnesorgane, 1893, vol. 4).
- KOFFKA.** — Untersuchungen an einem protanomalen System. (Zeitsch. f. Sinnesphysiol. 1909, 43).
- KOGAN-BERUSHTEYN.** — Color-blindness problem in transportation industry (Sovet. vestnik oftal. 6 : 684, 1935).
- KOHBRANSCH et Van MEERENDONK.** — Evaluation of spectral color equations. (Ztschr. f. Sinnesphysiol. 66, p. 45, 1935).
- KOTLYAREVSKAYA.** — Schaaf tables. (Vestnik oftal, 10, 401, Moscou, 1937).
- KOVARSKY.** — Early detection of daltonism in school children. (Rev. med.-soc. de l'enf., IV. 166, mai-juin 1936).
- KRAKOV.** — Influence of acoustic stimulation upon color sensibility of protanopic eye. (Acta Opht. 15 : 337-342, oct. 1937). (Sovet. vestnik oftal, 8. 787., 1936).
- Effect of acoustic stimula on Rayleigh equation. (Vestnik. oftal., X, p. 121, 1937).
- KRENCHEL.** — Ueber die Hypothesen von grünfarbigen. (Graefe. Arch., 1880).
- Von KRIES.** — Anomale trichromatische Farbensysteme. (Physiologie der Gesichtsempfindungen, Leipzig, 1902).
- Die Gesichtsempfindungen in « Nagels Handbuch der Physiologie des Menschen ». (Brunswick, 1905).
- Zur physiologische Farbenlehre. (Klin. Monatsbl. f. Augenh., 1923, Bd. 70).
- LADD FRANKLIN.** — Colour and Colour theories. (New-York, 1929).

- de **LAET** et **CALSEYDE**. — Etude critique des méthodes de diagnostic du daltonisme : Enquête dans la Marine belge (Strasbourg Méd., 95, p. 137, 25 mars 1935).
- LAGRANGE H.** — L'adaptation rétinienne. (Annales d'Ocul., t. CLXVII, mai 1930, p. 404).
- LANDOLT.** — Le syndrome achromatopsie totale. (Ann. de Méd. 1916).
- De **LAPERSONNE**. — Rapport sur l'examen de la vision des employés de chemin de fer. (Bull. de l'Académie de Médecine, séance du 12 janv. 1926, p. 34).
- De **LAPERSONNE** et **CANTONNET**. — Neurologie oculaire. (Masson, 1910).
- LAURENS H.** et **HAMILTON W.-F.** — The sensibility of the eye to differences in wave length. (Am. Jo. Physiol., LXV, 1923).
- LAURENT.** — Du daltonisme, étologie, fréquence, dangers. (Thèse de Paris, 1883).
- LE CROM-HUBERT.** — Comment les automobilistes daltoniens peuvent éviter de confondre les couleurs des **signaux**. (Recherches et Inventions, novembre 1937, 273, p. 207). (Bulletin S.O.P., 19 février 1938).
- LEDERER.** — Farbenblindheit und mangelhafter Farbensinn (Wiener Med. Wochenschr., 1878, XXVIII).
- LEVY Max.** — Ueber einen zweiten typus des anomalen trichromatischen Farbensystems, nebst einigen Bemerkungen über den schwachen Farbensinn. (Thèse Fribourg-en-Brisgau, 1903).
— Tableaux de Stilling. Laines de Holmgren. Ueber einen Fall Ueber die Helligkeitsverteilung im spektrum für das

helladaptierte Auge, zugleich ein Beitrag zur Lehre von den anomalen trichromaten. (Ztschr. f. Psychol. u. Physiol. d., Sinnesorg. Leipzig, 1904, vol. XXXVI, p. 74-89).

— Ueber einen Fall von angehorener beiderseitiger Tritanopie (Blaublintheit). (Arch. f. opht. Leipzig, 1905-6, LXII., p. 464).

LINDEMANN H. O. — Question of effectiveness of neophan glasses for correction of color blindness. (Klin. Monatsbl. f. Augenh., 99 : 224-229).

— Diagnosis of colorblindness during recruiting and similar mass examination. (Klin. Monatsl. Augenh. 99, 224 ; août 1937).

MACE et NICATI. — Recherches sur le daltonisme. (C.R. de l'Académie des Sciences, 1879, LXXIX).

Mac GILLIVRAG A. M. et MACLEOD A. S. — Congenital total color blindness. (Lancet, t. 2, p. 626, 2 sept. 1936).

— Color vision of dichromats, wavelengih discrimination.

Mc GREGOR D. — Sensitivity of eye to saturation of colors, (J. Exper. Psychol., t. 19, p. 525, oct. 1936).

MAGNUS. — Die Farbenblindheit, ihr wesen, ihre Bedeutung. (Breslau, 1878).

— Beitrage zum Kenntnis der Physiol. Farbenblindheit. (Arch. f. ophtalm., 1878, XXIV).

— Neueres zur Theorie und Praxis der Farbenblindheit. (Deut. Med. Wochenschr., 1878, IV).

— Zur spectroscopischen Untersuchung Farbenblinder. (Zentralbl. f. prakt. Augenh., 1878).

— Ein Fall von angeborener totaler Farbenblindheit. (Zentralbl. f. prakt. Augenh., 1880, IV).

MARET. — Etude critique des différentes méthodes employées pour la recherche du daltonisme. (Thèse de Strasbourg, 1929).

MARSHALL. — The Royal Society and the tests for colour blindness. (Brit. Med. J., 1908).

MARTIN, Warburton et Morgan. — Détermination de la sensibilité de l'œil aux différences de saturation des couleurs. (National Institut for Medical Research, Hampstead, London, 1934).

MARX. — Zur Lehre der partiellen Farbenblindheit. (Thèse de Strasbourg., 1889).

MAUTHNER. — Farbenlehre. (Bergmanns verlag, Wiesbaden, 1894).

MAXWELL J. CLERK. — Experiments on colours as perceived by the eyes with remarks on colour blindness. (Transact. of the Roy. Soc. of Edimburgh, XXI, 1855).

— On the unequal sensibility of the foramen centrale to light of different colours. (Edimb. Jo., 1856, IV, p. 337).

— On the theory of the compound colours and the relations of the colours of the spectrum. (Phil. Trans. of the R. Soc. of London, CL, p. 57, 1861).

MAY. — Ein Fall von totalen Farbenblindheit. (Zeitschr. f. Psychol. und Sinnes physiol., 1907, XLII).

MEISLING. — Ein apparat zur Mischung der Farben und Untersuchung der Farbenblinden. (Congrès intern. d'ophtalm, 1904-1905).

— Méthode d'examen du sens des couleurs. (Acta ophtalmologica, vol. 2, fasc. IV, p. 145).

MIDDLETON. — A signal lantern for testing colour blindness. (J. Am. Med. Assoc., 1907, LIX).

MILLEN. — Du daltonisme au point de vue thérapeutique et pratique. (Bruxelles).

MORAX. — Précis d'ophtalmologie., p. 692.

MULLER. — Darstellung und Erklärung der verschiedenen Typen der Farbenblindheit. (Göttingen, 1924).

NAGEL. — Eine Dichromatenfamilie. (Zeitschr. f. Sinnesphysiol., 1897, p. 41).

— Die diagnose der praktisch wichtigen angeborenen Störungen des Farbensinnes. (Bergmann, Wiesbaden, 1899).

— Eine Beobachtungen an einem Fall von totaler Farbenblindheit. (Arch. f. Augenh., 1901, XLIV).

— Appareil mélangeur de couleurs spectrales. Tableaux. Adaptomètre pour l'examen quantitatif du sens lumineux (33^e Congrès Soc. Opht. Heidelberg, 6 août 1906).

— Fortgesetzte Untersuchungen zur Symptomatologie und Diagnostik der angeborenen Störungen des Farbensinnes. (Zeitschrift f. Sinnesphysiologie, Leipzig, 1906).

NAGEL W. — Zwei apparate für die augenarzliche Funktionsprüfung. (Adaptomètre. Anomaloscope). (Zeitsch. f. Augenh., février 1907).

— Einführung in die Kenntniss den Farbensinnstörungen und ihre Diagnose. (Bergmann, Wiesbaden, 1908).

— Farbumstimmung beim Dichromaten. (Zeitschr. f. Sinnesphysiol. 1910).

— Tafeln zur Untersuchung des Farbenunterscheidungsvermögens. (J. Bergmann, München, 1926).

NUEL. — La vision. (Doin, Paris, 1904).

OFFERT. — Colour blindness. (Engineering, XXXVIII, S41).

OHM J. — Nystagmus with total congenital color blindness ; relation to miner's nystagmus ; explanation of color blindness. (Ztschr. f. Augenh. T. XCI., p. 20 ; janvier 1937).

OLOFF. — Recherches sur les anomalies congénitales de la vision des couleurs. (Klin. Monatsbl. f. Augenh., t. 72, p. 603, 1924).

— Simple lantern apparatus for testing color vision. (Klin. Monatsbl. f. Augenh. 99, 216, août 1937).

OLOFF H. et PODESTA H. — Die Funktionsprüfung des auges unter besonderes Berücksichtigung der Störungen des Farbensinnes.

OSTERBERG. — Topography of the Layer of Rods and Cones in the Human Retina.

OVIO. — Anatomie et physiologie de l'œil dans la série animale. (Alcan, Paris, 1927).

— La vision des couleurs. (Alcan, Paris, 1932).

PARINAUD. — La vision, étude physiologique. (Doin, Paris, 1898).

PARSONS (J.) — La vision des couleurs et ses anomalies. (Brit. j. of. Opht., mars 1930).

PEIRCE B. O. — On the sensitiveness of the slight differences of Colour. (The Amer. Journ. of Science, Silliman., Bd. 26, p. 299., 1883).

PFLUGER. — Beobachtungen an Farbenblinden. (Arch. f. Augenh. 1880, IX).

— Zur diagnose der Farbenblindheit. (Centrabl. f. Prakt. Augenh., 1881, v.)

PIERON H. — Filtres colorés. (Acad. des Sciences, 20 juillet 1914).

— Adaptation et temps de latence pour les diverses radiations lumineuses. (Acad. des Sciences, 20 juillet 1914).

— Le Problème de la vision des couleurs. (Bulletin Soc. Opht. Paris, 1930 ; p. 473).

— La connaissance sensorielle et les problèmes de la vision. (Hermann, Paris, 1936).

PODESTA H. — Line of demarcation of congenital disturbances of color sense, particularly total color blindness. (Klin. Monatsbl. f. Augenh. 96, 786, juin 1936).

POLACK. — Effets du chromatisme de l'œil dans la vision des couleurs. (Compte-rendu Acad. des Sciences, 1904, t. 138, p. 1538).

— Optotypes en couleurs complémentaires. (Bulletin Soc. Franç. d'Opht. Paris, 1905, p. 334).

— Inversion du phénomène de Purkinje dans l'héméralopie congénitale. (Acad. des Sciences, 25 mars 1918).

— Test du sens chromatique. (Bulletin Soc. d'Opht., Paris, 20 juin 1931).

— Examen simultané de plusieurs daltoniens à l'aide du color-test. (Bulletin Soc. d'Opht. Paris, 15 novembre 1931).

— Quelles sont les couleurs dont la confusion est commune à tous les daltoniens ? (Académie des Sciences, janv. 1932).

— Compensation accommodative du chromatisme de l'œil. (Acad. des Sciences, 19 mars 1923).

-- Trois cas d'achromatopsie totale. (Bulletin Soc. d'Opht. Paris, 18 février 1933).

— Vision des couleurs et ses anomalies. (Recherches et Inventions, numéro 228, septembre-octobre 1933).

— La vision des couleurs et ses anomalies. (Bulletin Soc. Opht. de Paris, 1934, p. 289).

— Le disque tournant et les couleurs pigmentaires. (Bulletin Soc. d'Opht. Paris, janvier 1938).

— Les anomalies du sens chromatique, Nouveau traité d'Ophtalmologie. (En préparation, chez Masson, Paris).

POLACK et LONGUET. — A propos du diagnostic de la trichromasie. (Bulletin Soc. Opht. Paris, 1921, p. 78).

PREYER. — Zur theorie der farbenblindheit. (Centralbl. f. Med. Wiss., 1881, XIX).

PY A. — Le phénomène de la marque tournante. (Bulletin Soc. Franç. d'Opht., 1926).

RABKIN. — Anomalies of color vision and their classification (Eksper ured Kharkov, pp. 31 ; oct. 1936).

— Clinical observations on polychromatic method in differential diagnosis of disturbances of color vision. (Vestnik oftal. 10 : 787, Moscou 1937).

RAEHLMANN. — Ueber Verhältnisse den Farbenempfindung bei indirektem und direktem Sehen. (Graefes Arch. f. Ophtalm, XX).

— Ueber relativen und totalen mangel des Farbensinnes. (Zeitschr. f. Augenh. 1899).

— Einige neue Resultate bei der Untersuchung relativer Farbenblinder. (Arch. f. die. Ges. Physiol. 1900, LXXX).

— Die neue Theorie den Licht und Farbenempfindung auf anatomisch-physikalischer Grundlage. (Zeitschr. f. Augenh. XVI).

RAMSEY. — A spectroscopic test for colour vision. (Hospital London, 1908, XLV).

RAYLEIGH (John William Strutt, Lord). — On the lower limit of the prismatic spectrum, with especial reference to some observations of Sir John Herschel. (Phil. Mag., IV, 1877, p. 348, 353).

— Some experiments on colour. (Lu devant la section A du congrès de Liverpool de la Brit. Ass.) (Nature, Jo. of Sciences, Londres, 1871, vol. III, p. 234).

— Experiments on colour. (Nature, vol. XXV, avril-novembre 1881-1882).

— Distribution of energy in the spectrum. (Nature, XXVII).

— On defective colour vision. (Rep. of the Brit. Ass. for 1890, S. 728, 9., 1891).

REICHERT. — Ueber einseitige Farbensinnanomalien. (Thèse Freiburg. i, B., 1916).

REIM (Hugo). — Acuité visuelle et perception des couleurs des cheminots. (Am. J. of. Opht., vol. 10 ; juillet 1927, n° 6, p. 418).

RIDDEL W J. B. — Hemophilia and color blindness occurring in same family. (Brit. J. Opht., t. 21, pp. 113-116, mars 37).

ROCHAT. — Mélange binoculaire de Li-Rot et Th. Green. (Von Graefes Arch. f. Opht. Tome 114, sept. 1934, p. 595).

ROSMANIT. — Zur Farbensinnprüfung im Eisenbahnn und Marinedienst. (Wien, 1907).

— Anleitung zur Feststellung der Farbentüchtigkeit (Deuticke, Leipzig v. Wien, 1914).

ROSS T. — Colorblindness aid (for use in automobile driving). (Science 83 : p. 270, mars 1936).

De RUYTER J. — Results of tests for color vision. (Geneesk tijdschr. v. Nederl.-Indië 75 : 2171, 24 décembre 1935).

SACHS. — Transmission héréditaire des troubles des sens des couleurs. (Klin. Monatsbl. f. Augenh. t. 81, p. 231, 1928).

SAMOJLOFF. — Untersuchungen über die spectrale Helligkeitsverteilung beim Protanopen. (Klin. Monatsbl. f. Augenh., 1926, LXXVI).

— Color-perception in achromates. (Sovet oftal., 7 : 200, 1935).

SCHAAFF E. — L'examen du sens chromatique dans le service des chemins de fer. (Bulletin Acad. Med., séance du 3 Novembre 1925).

— L'examen pratique de la vision des couleurs. (Arch. d'Opht., 1927).

— La Importancia del Examen del Sentido Cromatico. (Arch. de Oftalm. Hispano-Americanos, 1927).

— La vision chromatique des daltoniens. (Soc. franç. Opht. cf., Blum Paul, 1926).

SCHEIDT V. P. — Revision and further applications of the Nela test for color Blindness, 1936.

SCHENK. — Theorie der Farbenempfindung und Farbenblindheit. (Arch. f. d. ges. Physiol. 1907, vol. 118).

SCHIOETZ. — Rot-Grünblindheit als Erbeigenschaft. (Klin. Monatsbl. f. Augenh. 1922, t. 68).

— Colour blind females. (The Brit. J. of Ophtalm, 1920, vol. V).

SCHMIDT I. — Tendency to fatigue of color perception in normal trichromats. (Klin. Monatsbl. f. Augenh., 94 : 433, avril 1935).

— Applicability of Ishihara's tables for differential diagnosis of disturbances in color perception. (Klin. Monatsbl. f. Augenh. 96 : 826. Mars 1936).

SCHWARZ F. — Summation of subliminal stimuli of flashing lights of various colors in normal and color blind individuals. (Ztschr. f. Sinnesphysiol. 67 : 175, 1937).

SEEBECK A. — Ueber den bei manchen Personen vorkommenden an Farbensinn. (Pogg. Ann., CLII, p. 177, 1837).

SIEMENS. — Eine wichtige Beobachtung über die Vererbung der Farbenblindheit. (Klin. Monatsbl. f. Augenh., 1926, t. 76).

SIMON. — Einige bemerkungen zum Stargardt-Oloffschen Diagnostik der Farbensinnstörungen. (Zeitschr. f. Bahn- und Kassenärzte, 1923).

SORIANO. — Diagnostic de la cécité des couleurs. (La clinique Opht. 1928, VI).

STAARK. — Beiträge zur Lehre von der Farbenblindheit. (Freiburg, I. B. 1897).

STARGARDT. — Zur Diagnostik der Farbensinnstörungen. (Z. f. Bahn- und Kassenärzte, 1913).

STARGARDT et OLOFF. — Diagnostic der Farbensinnstörungen. (Berlin, 1912).

STILLING. — Ueber Farbensinn und Farbenblindheit. (Cassel, 1878).

— Ueber das Sehen der Farbenblinden. (Kassel und Belin, 1883).

— Ueber Entstehung und Wesen den Anomalien des Farbensinnes. (Z. f. Sinnesphysiol. 1909).

STOKALSKI. — Enteilung den Farbenblindheit.

SUDO G. — Increase in sensitivity to colored rays during dark adaptation. (Okayama-Igakkai-Zasshi, 47, 2707. 1935).

TAYLOR. — Congenital colour blindness. (Brit. Med. J. 1910).
— Clinicals notes on examination for colour blindness by the lantern tests. (Opht. 1914, X).

TCHERMAK. — Beobachtungen uber die Farbenblindheit im indirekten Sehen. (Arch. f. d. ges. Physiol. 1900, LXXXII).

TENNANT. .. Civilisation and eyesight. (Nature, vol. XXXI, p. 457).

— Colour blindness. (Nature, n° 528).

TERRIEN (Pr. F.). — Palette lumineuse pour l'examen du champ visuel. (Soc. franç. d'Opht., 1905).

TITCHENER. — The Hering colour blindness apparatus. (Amer. J. Psychol., 1914, XXV).

TOWNES C. D. — Statistical study of spectral hue discrimination in trichromatic and dichromatic eyes. (Tr. Am. Opht. Soc. 34 : p. 372, 1936).

TRENDELENBURG. — Weitere versuche uber binoculare Mischung von Spektralfarben. (Phys. Institut Tübingen ; Pflügers Archiv., 1923).

— Zur Diagnostik des abnormen Farbensinnes. (Ans. dem. Phys. Institut, Berlin, Monatsbl., décembre 1929).

TRIBLE. — The present statue of colour blindness. (U.S. Navy Med. Bull., 1913).

- A report of the Jennings test for colour blindness. (U.S. Navy. Med. Bull. 1917, XI).

TSCHERMAK-SEYSENEGG. — Spectral distribution of saturation and three light standardisation of spectrum ; study of red-green color blindness. (Arch. f. Augenh. 109 : 1-48, 1935).

- Proposal for supplementing pseudo isochromatic tables for testing color sense. (Arch. f. Augenh. CIX, p. 457, 1935).

TSCHERNING. — Œuvres ophtalmologiques de Thomas Young. (Copenhagen, 1894).

- Le Daltonisme. (Congrès Intern. d'Opht., 1905).
— Verres photométriques. (Soc. franç. d'Opht., 1922, p. 302).
— Optique physiologique. (Masson, Paris).

TSCHERNING et LARSEN. — Colour vision and its anomalies. (Act. Opht., 1927).

UHTOFF. — Ein Beitrag zur congenitalen Farbenblindheit. (Z. f. Psychol., 1899).

- Ein weiterer Beitrag zur angeborenen Farbenblindheit. (Z. f. Psychol., 1901).

VELHAGEN K Jr. — Practical tests of ability of persons with disturbances of color perception to recognize aviation signals. (Klin Monatsbl. f. Augenh., t. 96, p. 4)2, avril 1936).

- Usefulness of neophan glasses in congenital color-blindness, further studies. (Klin Monatsbl. f. Augenh., 96-660., mai 1936).

- Neophan glasses for correction. (Klin. Monatsbl. f. Augenh., 94, 593).

VELTER (Pr. E.) — Achromatopsie totale. (Bulletin Soc. Opht. Paris, janvier 1923).

VERREY. — L'examen de la perception colorée et nos administrations fédérales. (Rev. gén. d'Opht., 1923, XXXVII).

VERREY-WESTPHAL. — L'anomaloscope et l'examen de la perception colorée.

VERRIER (M.-L.) — Les yeux et la vision. (Alcan, Paris, 1938)

VERRIER (M.-L.) et ESCHER-DESRIVIERES. — Bull. Soc. Zool. de France, t. LXII, p. 126 ; 1937.

— C. R. Soc. Biol., 1935.

VIALE. — Le daltonisme. (Ann. di Ottalm., 1904, XXXVII).

VIERLING. — Vergleichende Untersuchungen über die Leistungstahigkeit verschiedener Farbensinnproben. (Z. f. Bahn-und Kassenarzte, 1913).

— Die Handhabung der Sechscharfe und der Farbensinnprufung nach der Nagelschen Tafeln. (Z. f. Bahn- und Kassenarzte, 1914).

VISHNEVSKIY et TSYRLIN. — Comparative evaluation of Soviet and foreign pseudo-isochromatic tables of Stilling for study of color perception. (Vrach. delo IIXX, 709, 1935).

VOGELGESANG. — Der Einfluss der Dunkeladaptation auf den zeitlichen verlauf der Gesichtsempfindung bei verwendung Farbiger Pruflichter. (Pflugers arch., 1924, 203).

WALER. — Ueber die Erblchkeitsverhaltnisse der verschiedenen Arten von Angeborener Rot-Grundblindheit. (Acta Ophtalm., 1927, Bd. 5).

WAARDENBURG. — Sur la combinaison de l'achromatopsie et de l'atrophie rétinienne ; considérations sur l'achroma-

topsie et le jaune maculaire. (Klin Monatsbl. f. Augenh., 84, p. 493, juin 1930).

WARTMANN. — Mémoire sur le daltonisme ou la dyschromatopsie. (Genève, 1839).

De WECKER et LANDOLT. — Traité d'ophtalmologie (Paris).

WILSON Georges. — Researches on colour blindness. (Sutherland et Kno, Edinburgh, 1855).

WINFIELD et STRONG. — The hering colour blindness apparatus and the normal Rayleigh equation (Amer. J. Psych. 1921, XXXII).

WOELFFLIN. — Ueber 2 neue Untersuchungsmethoden von Farbenanormalen. (Arch. f. Augenh. Bd. 93).

— Ueber Beobachtungen an anomalen Trichromaten. (Z. f. Sinnesphysiol. 1923).

— Ueber angeborene totale Farbenblindheit. (Klin. Monatsblatt f. Augenh. 1924, LXXII).

— Ueber Physiologische Beobachtungen an totalen Farbenblinden. (Klin Monatsbl. f. Augenh. 1927, LXXVII).

— Zur Frage des Prüfung des Farbensinnes mittels künstlichenn Tageslichtes. (Klin. Monatsbl. f. Augenh. 1927, LXXIX).

— Tables avec couleurs changeantes pour la recherche de la sensibilité chromatique relative pour le rouge et le vert. (Thienne, Leipsig, 1926).

WRIGHT. — Une redétermination des données du mélange trichromatique. (National Institut for medical Research, Hampstead, London, 1930).

YOUNG G. — Threshold test for differences of light intensity and colour blindness. (London, 1918).

YOUNG THOMAS. — Conférences sur la philosophie naturelle. (Ed. Kellan, Londres, 1801).

On the theory of light and colours. (Lectures in Natural Philosophy. 11, London, 1807, p. 613).

YVER et BARRET. — Daltonisme dans la marine. (Arch. de Méd. et Pharm. nav., t. 126, p. 37, janv.-mars 1936).

ZEEMANN et WEVE. — Ein Spectralapparat zur Untersuchung des Farbensinnes. (Klin Monatsbl. f. Augenh. 1911, 49).

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	11
CHAPITRE PREMIER : Exposé général théorique .	13
CHAPITRE II : La découverte de Lord Reyleigh.	29
CHAPITRE III : Le cas de Max Lévy	37
CHAPITRE IV : Le Daltonisme à la lumière des faits.	55
Conclusion	63
Bibliographie	65

